

**Penerapan Metode Inversi dan Multi-Atribut Seismik  
untuk Identifikasi Persebaran Reservoir Batupasir  
pada Lapangan “Jambu” Cekungan Sumatera Tengah**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
dalam bidang Fisika/Geofisika

Oleh:  
**SIRKA RAJULON**  
**135090701111011**



**PROGRAM STUDI GEOFISIKA  
JURUSAN FISIKA  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
2017**

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**

## **LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

### **PENERAPAN METODE INVERSI DAN MULTI-ATRIBUT SEISMIC UNTUK IDENTIFIKASI PERSEBARAN RESERVOIR BATUPASIR PADA LAPANGAN “JAMBU” CEKUNGAN SUMATERA TENGAH**

Oleh :  
**SIRKA RAJULON**  
**135090701111011**

Setelah dipertahankan di depan majelis penguji  
pada tanggal.....  
dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh gelar  
Sarjana Sains dalam bidang Fisika/Geofisika

Pembimbing I

Pembimbing II

Drs. Adi Susilo, M.Si Ph.D  
NIP. 19631227 1991 03 1002

Rizky Hidayat S.T, M.Si  
Sr. Geophysicist BOB-CPP

**Mengetahui,**  
**Ketua Jurusan Fisika**  
**Fakultas MIPA Universitas Brawijaya**

Prof. Dr.rer.nat Muhammad Nurhuda  
NIP. 19640910199021001

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

## LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sirka Rajulon

NIM : 135090701111011

Jurusan/Program Studi : Fisika/Geofisika

Penulis skripsi berjudul :

**Penerapan Metode Inversi dan Multi-Atribut Seismik  
untuk Identifikasi Persebaran Reservoir Batupasir pada  
Lapangan “Jambu” Cekungan Sumatera Tengah**

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah benar – benar karya saya sendiri dan bukan hasil plagiat dari karya orang lain. Tulisan – tulisan yang tercantum dalam daftar pustaka Tugas Akhir ini semata – mata digunakan sebagai acuan atau referensi.
2. Apabila di kemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 23 Nopember 2017

Yang menyatakan,

Sirka Rajulon

NIM. 135090701111011

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**

# **PENERAPAN METODE INVERSI DAN MULTI-ATRIBUT SEISMIC UNTUK IDENTIFIKASI PERSEBARAN RESERVOIR BATUPASIR PADA LAPANGAN “JAMBU” CEKUNGAN SUMATERA TENGAH**

## **ABSTRAK**

Untuk mengidentifikasi reservoir batupasir pada Lapangan “Jambu” Cekungan Sumatera Tengah dilakukan analisis geofisika menggunakan integrasi data seismik dan data sumur. Data yang digunakan untuk proses analisis ini yaitu data seismik 3D *post-stack* data log gamma ray, log kecepatan, log densitas dan log resistivitas. Analisis data dilakukan melalui beberapa tahap meliputi interpretasi data sumur dan data seismik, analisis sensitivitas, penerapan metode inversi impedansi akustik *model based* serta penerapan metode multi-atribut seismik.

Hasil analisis inversi impedansi akustik seismik pada Lapangan “Jambu” menunjukkan zona dengan nilai impedansi akustik 12.000-19.000 (ft/s\*g/cc) dapat diinterpretasikan sebagai zona batupasir. Sedangkan hasil prediksi resistivitas berdasarkan analisis multi-atribut seismik menunjukkan zona dengan nilai resistivitas di atas 300 ohm-m dapat diindikasikan sebagai zona batupasir yang memiliki saturasi air yang rendah, atau terisi oleh migas. Berdasarkan hasil Analisis inversi (Nilai impedansi akustik <19.000 (ft/s\*g/cc)) serta prediksi resistivitas (>300 Ohm.m) dari hasil analisis multiatribut pada lapangan “Jambu”, dapat menunjukkan bahwa persebaran reservoir paling baik tersebar pada wilayah barat Lapangan dan merupakan tinggian *closure*.

**Kata Kunci:** batupasir, inversi seismik, multi-atribut, resistivitas

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**



# **APPLICATION OF SEISMIC INVERSION AND MULTI-ATTRIBUTE ANALYSIS TO IDENTIFY SANDSTONE RESERVOIR DISTRIBUTION AT “JAMBU” FIELD, CENTRAL SUMATRA BASIN**

## **ABSTRACT**

To identify the sandstone reservoir distribution at the "Jambu" Field, Central Sumatera Basin, geophysical analysis was conducted using integration of seismic and well data. The data that used for this analysis process are 3D post-stack seismic data, gamma ray logs, sonic logs, density log and resistivity log. Analysis was conducted through several stages including interpretation of seismic and well data, sensitivity analysis, application of model based inversion method and application of seismic multi-attribute method.

The result of seismic acoustic impedance inversion analysis on "Jambu" Field shows acoustic impedance zone with 12.000-19.000 (ft/s\*g/cc) value can be interpreted as sandstone zone. While the resistivity prediction results based on seismic multi-attribute analysis shows resistivity zone with 300 ohm-m value can be indicated as sandstone zones that have low water saturation and filled by oil and gas. The results of inversion analysis (Acoustic impedance value <19,000 (ft/s\*g/cc)) and the resistivity prediction (> 300 Ohm.m) from the multi-attribute analysis on the "Jambu" field, shows the best reservoir distributed in the West of the Field on the closure height.

**Keyword:** sandstone, seismic inversion, multi-attribute, resistivity

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**

## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kehadiran Allah SWT, akhirnya penantian kuliah selama 4,5 tahun akan berakhir dan saya pun Insya Allah telah siap untuk menghadapi tantangan kehidupan yang sebenarnya.

*Untuk kedua orang tua yang sangat saya cintai*

Malang, 23 November 2017

Sirka Rajulon

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI</b> .....	iii
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vii
<b>ABSTRACT</b> .....	ix
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR GAMBAR DAN TABEL</b> .....	xv
 <b>BAB I: PENDAHULUAN</b> .....	 1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Batasan Masalah.....	2
1.4. Tujuan Penelitian.....	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
 <b>BAB II: TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	 5
2.1. Geologi Regional Cekungan Sumatera Tengah .....	5
2.1.1. Struktur Geologi Regional.....	6
2.1.2. Stratigrafi Regional .....	10
2.2. Metode Seismik Refleksi.....	12
2.2.1. Metode Inversi Seismik.....	13
2.2.2. Atribut Seismik.....	16
2.2.3. Metode Multi-Atribut Seismik .....	17
2.3. Data Sumur.....	19
2.3.1. Data Log Gamma Ray .....	19
2.3.2. Data Log Densitas .....	19
2.3.3. Data Log Kecepatan ( <i>Sonic</i> ).....	19
2.3.4. Data Log Resistivitas.....	20
 <b>BAB III: METODE PENELITIAN</b> .....	 21
3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan.....	21
3.2. Data Penelitian .....	21
3.2.1. Data Seismik.....	21
3.2.2. Data Sumur.....	22

3.3.	Pengolahan Data .....	22
3.3.1.	<i>Input Data</i> .....	23
3.3.2.	Proses Interpretasi Data Sumur .....	23
3.3.3.	<i>Well-Seismic Tie</i> .....	23
3.3.4.	Proses Interpretasi Data Seismik .....	24
3.3.5.	Proses Analisis Sensitivitas .....	24
3.3.6.	Penerapan Metode Inversi Seismik.....	24
3.3.7.	Penerapan Metode Multi-Atribut Seismik .....	25
3.4.	Diagram Alir Penelitian.....	26
<b>BAB IV:</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>27</b>
4.1.	Interpretasi Data Sumur .....	27
4.2.	Hasil Well Seismic Tie .....	29
4.3.	Analisis Sensitivitas.....	29
4.4.	Interpretasi Data Seismik.....	32
4.5.	Analisis Hasil Inversi Seismik:.....	35
4.6.	Analisis Hasil Multi-Atribut Seismik: .....	40
4.7.	Analisis Persebaran Reservoir Batupasir .....	46
<b>BAB V:</b>	<b>PENUTUP.....</b>	<b>47</b>
5.1.	Kesimpulan.....	47
5.2.	Saran .....	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>.....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN</b>	<b>.....</b>	<b>51</b>

## DAFTAR GAMBAR DAN TABEL

Gambar 2. 1. Geologi Regional Cekungan Sumatera Tengah (Heidrick & Aulia, 1993).....	5
Gambar 2. 2. Kerangka struktural Cekungan Sumatera Tengah (Heidrick & Aulia, 1993).....	6
Gambar 2. 3. Perkembangan gaya tektonik pada kerangka struktural Cekungan Sumatra Tengah (Heidrick & Aulia, 1993) .....	7
Gambar 2. 4. Perkembangan tektonostratigrafi Periode $F_0$ (Heidrick & Aulia, 1993).....	8
Gambar 2. 5. Perkembangan tektonostratigrafi Periode $F_1 - F_2$ (Heidrick & Aulia, 1993).....	9
Gambar 2. 6. Perkembangan tektonostratigrafi Periode $F_3$ (Heidrick & Aulia, 1993).....	9
Gambar 2. 7. Stratigrafi regional Cekungan Sumatera Tengah (Heidrick & Aulia, 1993).....	10
Gambar 2. 8. Ilustrasi pengukuran metode seismik refleksi (Stein & Wysession, 2003).....	12
Gambar 2. 9. Ilustrasi proses inversi seismik .....	13
Gambar 2. 10. Jenis-jenis inversi <i>post-stack</i> (Russell, 1988).....	14
Gambar 2. 11. Ilustrasi proses multi-atribut seismik (Hampson & Russell, 2000) .....	18
Gambar 2. 12. Ilustrasi data sumur (Varhaug, 2016) .....	18
Gambar 3. 1. Daerah penelitian (Heidrick & Aulia, 1993).....	21
Gambar 3. 2. A. Informasi data seismik 3D; B.Peta dasar orientasi lintasan data seismik .....	22
Gambar 3. 3. Diagram alir penelitian .....	26
Gambar 4. 1. Interpretasi dan korelasi data sumur.....	28
Gambar 4. 2. Hasil <i>well-seismic tie</i> pada J-1. (A) Proses <i>well-seismic tie</i> ; (B) <i>wavelet</i> yang digunakan; (C) Spektrum frekuensi dominan dari <i>wavelet</i> yang digunakan.....	30

Gambar 4. 3. Hasil analisis sensitivitas pada sumur J-1; (A) Pembagian zonasi; (B) penampang melintang hasil pembagian zonasi.....	31
Gambar 4. 4. Hasil interpretasi data seismik pada penampang yang melewati sumur J-1 .....	33
Gambar 4. 5. (A) Peta struktur waktu Lapangan "Jambu"; (B) Zona <i>closure</i> yang paling tinggi.....	34
Gambar 4. 6. Model Awal .....	36
Gambar 4. 7. Hasil analisis inversi seismik.....	37
Gambar 4. 8. Penampang impedansi akustik pada lintasan seismik yang melewati sumur J-1 .....	38
Gambar 4. 9. Peta impedansi akustik hasil inversi seismik .....	39
Gambar 4. 10. Proses analisis multiatribut seismik; (A) Daftar atribut yang digunakan; (B) koefisien korelasi hasil prediksi; (C) validasi hasil prediksi .....	41
Gambar 4. 11. Hasil prediksi resistivitas pada penampang yang melewati sumur J-1 .....	42
Gambar 4. 12. Peta prediksi resistivitas hasil analisis multi-atribut seismik .....	43
Gambar 4. 13. (A) Data mentah (B) Hasil inversi (C) Hasil analisis multi-atribut .....	44
Gambar 4. 14 Zona persebaran reservoir batupasir yang paling baik: (A) Peta impedansi akustik; (B) Peta prediksi resistivitas .....	45



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Cekungan Sumatera Tengah merupakan cekungan penghasil migas terbesar di Indonesia. Salah satunya terletak di Lapangan “Jambu” BOB PT. BSP – Pertamina Hulu. Pada cekungan ini sebagian besar reservoir yang menghasilkan migas adalah reservoir batupasir. Batupasir sangat dominan menjadi reservoir karena secara fisis batuan ini memiliki kualitas porositas dan permeabilitas yang baik. Reservoir batupasir dapat terbentuk pada berbagai kondisi geologi yang didominasi oleh proses sedimentasi.

Untuk mengidentifikasi reservoir batupasir pada suatu lapangan, perlu dilakukan analisis geofisika menggunakan integrasi data seismik dan data sumur. Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan untuk proses ini adalah menggunakan metode inversi dan multi-atribut seismik.

Inversi seismik dapat didefinisikan sebagai suatu teknik pembuatan model bawah permukaan dengan menggunakan data seismik sebagai *input* dan data sumur sebagai kontrol (Sukmono, 2011). Sedangkan multi-atribut seismik adalah metode yang menggunakan kombinasi dari beberapa atribut seismik untuk memprediksi parameter fisis tertentu pada suatu reservoir. Atribut seismik merupakan suatu transformasi matematis dari data *trace* seismik yang merepresentasikan besaran waktu, amplitudo, fase, dan frekuensi (Sukmono, 2011).

Penerapan kedua metode ini perlu dilakukan pada lapangan migas, baik lapangan eksplorasi maupun lapangan yang telah melakukan produksi. Pada lapangan eksplorasi, hasil analisis metode ini dapat menjadi sumber informasi untuk penentuan lokasi sumur bor yang paling baik. Pada lapangan yang telah melakukan produksi, hasil analisis kedua metode ini dapat digunakan untuk keperluan *monitoring* dan evaluasi proses produksi. Oleh sebab itu, hasil analisis inversi dan multi-atribut seismik yang dihasilkan nantinya diharapkan dapat menjadi sumber informasi untuk mengidentifikasi persebaran reservoir batupasir pada Lapangan “Jambu”.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Bagaimanakah hasil penerapan metode inversi dan multi-atribut seismik pada reservoir batupasir di Lapangan “Jambu” ?
2. Apakah hasil inversi dan multi-atribut seismik dapat mengidentifikasi persebaran reservoir batupasir pada Lapangan “Jambu” ?

## **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut

1. Objek penelitian merupakan reservoir batupasir pada Kelompok Sihapas, Lapangan “Jambu” Cekungan Sumatera Tengah.
2. Identifikasi persebaran resevoir batupasir dilakukan menggunakan pendekatan inversi impedansi akustik *model-based* dan multi-atribut seismik.
3. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Hampson-Russel dan Petrel.

## **1.4. Tujuan Penelitian**

Tujuan dari dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan inversi dan multi-atribut seismik pada reservoir batupasir di Lapangan “Jambu”.
2. Mengidentifikasi persebaran reservoir batupasir pada lapangan “Jambu” berdasarkan analisis inversi dan multi-atribut seismik.

## **1.5. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat menjadi sumber informasi mengenai penerapan analisis inversi dan multiatribut seismik untuk mengidentifikasi persebaran reservoir batupasir pada lapangan “Jambu”.

2. Dapat dijadikan pertimbangan dalam menentukan rencana eksplorasi dan pengembangan di Lapangan “Jambu”.
3. Dapat menjadi referensi bagi penulis lain yang akan melakukan penelitian yang berkaitan.
4. Dapat menjadi kontribusi akademik untuk menambah khazanah ilmu pengetahuan.

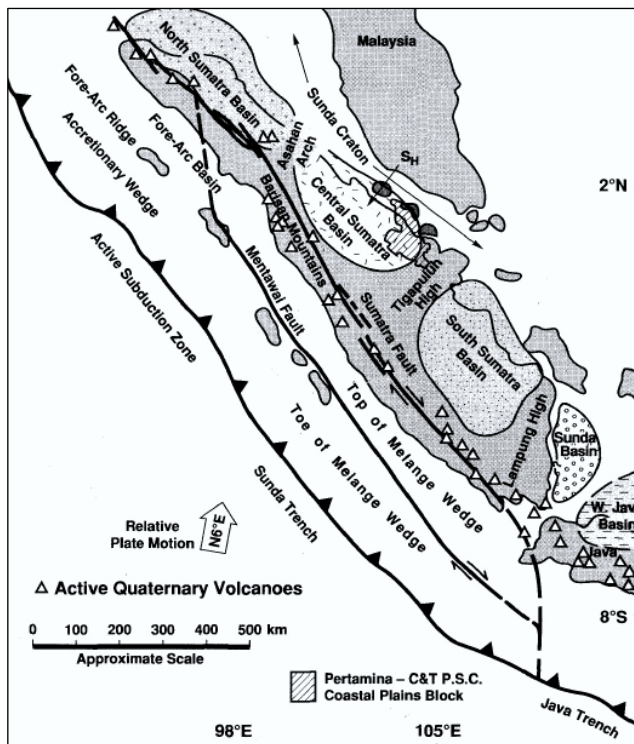
**(halaman ini sengaja dikosongkan)**

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Geologi Regional Cekungan Sumatera Tengah

Cekungan Sumatera Tengah (Gambar 2.1) merupakan cekungan belakang busur yang berkembang di sepanjang tepi barat dan selatan Paparan Sunda dengan arah relatif barat laut–tenggara (NW-SE). Cekungan Sumatera Tengah dipisahkan dari Cekungan Sumatera Utara oleh Tinggian Asahan di bagian utara, sedangkan di bagian selatan dibatasi oleh Pegunungan Tigapuluh (Eubank & Makki, 1981).

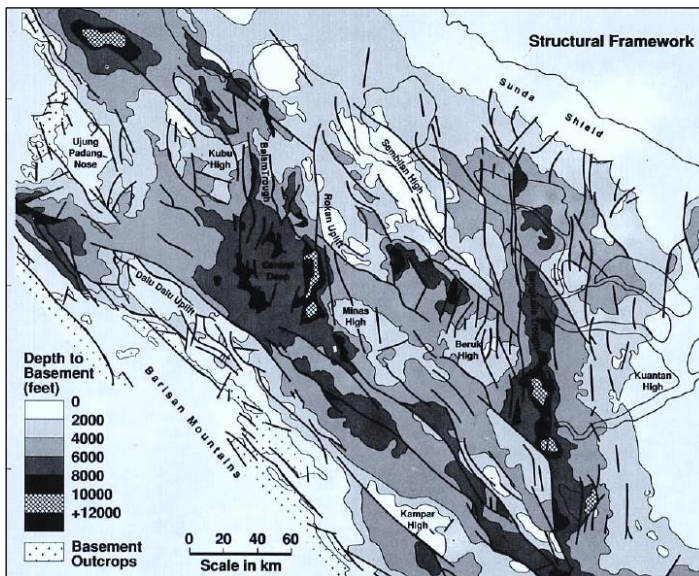


Gambar 2. 1. Geologi Regional Cekungan Sumatera Tengah (Heidrick & Aulia, 1993)

Cekungan ini merupakan cekungan busur-belakang (*back-arc basin*) yang terbentuk sebagai akibat tumbukan Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia. Tumbukan kedua lempeng tersebut menyebabkan pada dataran utama Sumatera banyak dijumpai struktur aktif dengan orientasi barat laut (NW). Struktur aktif tersebut meliputi Punggungan Luar Busur (*Outer-Arc Ridge*), Cekungan Luar Busur (*Outer-Arc Basin*), Busur Vulkanik Barisan (*Barisan Volcanic Arc*) dan Sesar Besar Sumatera (*Great Sumatera Fault Zone*) (Mertosono & Nayoan, 1974)

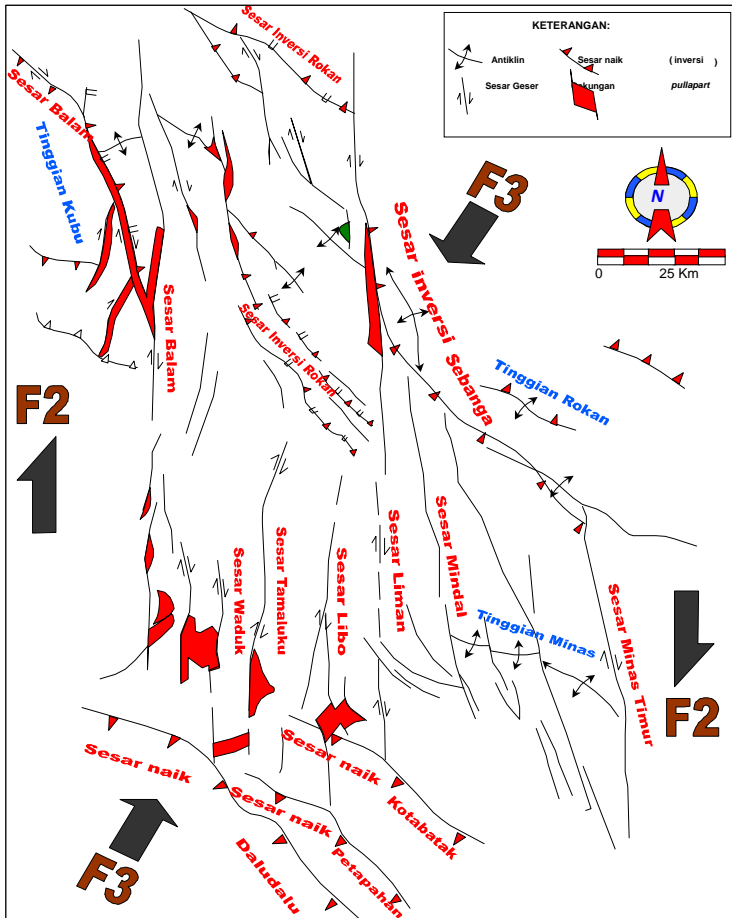
### 2.1.1. Struktur Geologi Regional

Menurut Heidrick & Aulia (1993) Cekungan Sumatera Tengah didominasi oleh dua pola struktur yang berarah utara-selatan (N-S) dan barat laut-tenggara (NW-SE) (Gambar 2.2). Struktur N-S yang terbentuk pada Paleosen relatif lebih tua dibandingkan struktur NW-SE. Menurut Eubank & Makki (1987) kedua struktur tersebut aktif selama masa Tersier.



Gambar 2. 2. Kerangka struktural Cekungan Sumatera Tengah (Heidrick & Aulia, 1993)

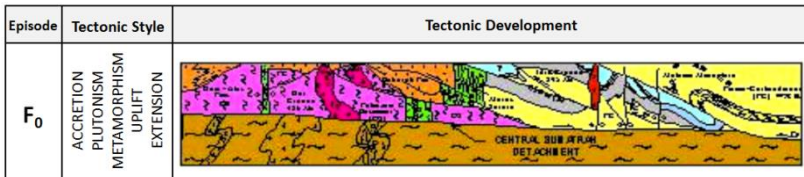
Perkembangan tektonik pada Cekungan Sumatera Tengah dibagi menjadi 4 periode berdasarkan terminologi tektonik poli fasa. 4 periode tersebut dibedakan menjadi  $F_0$ ,  $F_1$ ,  $F_2$  dan  $F_3$  (Heidrick & Aulia, 1993)



Gambar 2. 3. Perkembangan gaya tektonik pada kerangka struktural Cekungan Sumatera Tengah (Heidrick & Aulia, 1993)

### Periode $F_0$ – *Syn-Rift (Pra Tersier)*

Pada periode ini (Gambar 2.4) terbentuk batuan dasar (*basement*). Batuan dasar yang terbentuk masih tersingkap di permukaan karena hasil tumbukan antara Lempeng Hindia-Australia dengan Paparan Sunda yang menghasilkan terangkatnya batuan dasar. Selain itu pada periode ini juga terbentuknya sesar-sesar dengan arah Barat Laut-Tenggara (NW-SE).



Gambar 2. 4. Perkembangan tektonostratigrafi Periode  $F_0$  (Heidrick & Aulia, 1993)

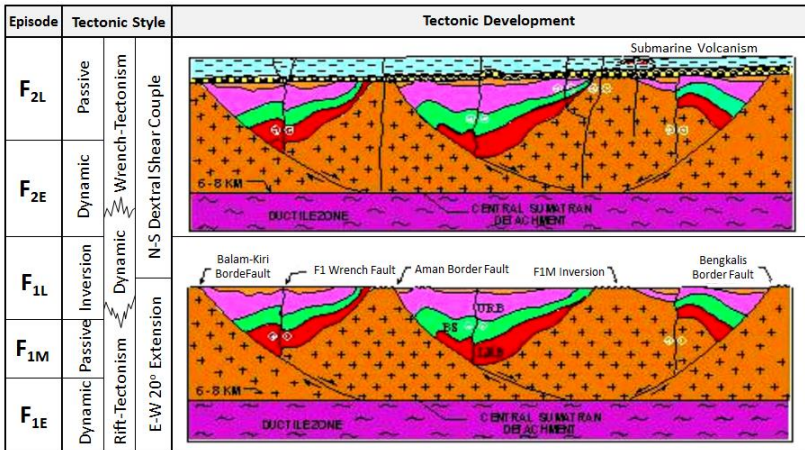
### Periode $F_1$ – *Syn-Rift (Eosen – Oligosen)*

Periode ini diawali dengan Periode Dinamik  $F_{1E}$  (Gambar 2.5), dimana batuan dasar masih tersingkap. Dilanjutkan Periode  $F_{1M}$  yaitu terjadinya peregangan atau ekstensional dengan gaya Utara-Selatan (N-S) dan membentuk cekungan *graben* berarah Timur-Barat (E-W). Bersamaan dengan terbentuknya cekungan tersebut, terendapkan Kelompok Pematang (*Syn-Rift Depositional System*) hingga Periode  $F_{1L}$ .

### Periode $F_2$ – *Sagging (Miosen Awal – Miosen Tengah)*

Periode ini relatif tenang sehingga terjadilah pengendapan yang tebal dari Kelompok Sihapas (Gambar 2.5). Kelompok ini dari bawah ke atas terdiri dari : Formasi Menggala, Formasi Bangko, Formasi Bekasap, Formasi Telisa dan Formasi Duri. Setelah kelompok ini terendapkan, pada Akhir Miosen Tengah kompresi mulai terjadi dan terbentuk sesar-sesar mendatar kanan dengan arah Utara-Selatan (N-S).

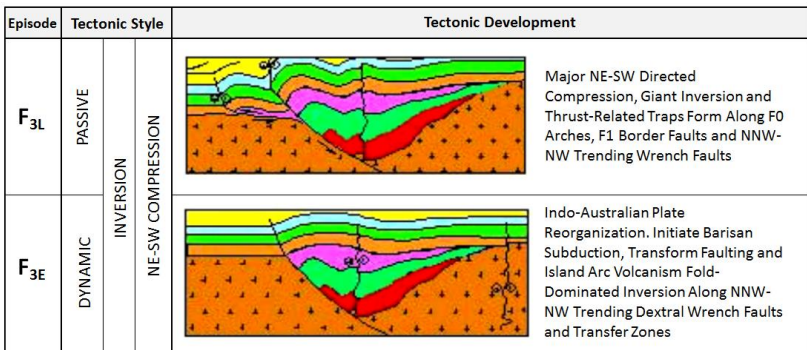




Gambar 2. 5. Perkembangan tektonostratigrafi Periode  $F_1 - F_2$  (Heidrick & Aulia, 1993)

### ***Periode $F_3$ – Post-Rift (Miosen Tengah – Resen)***

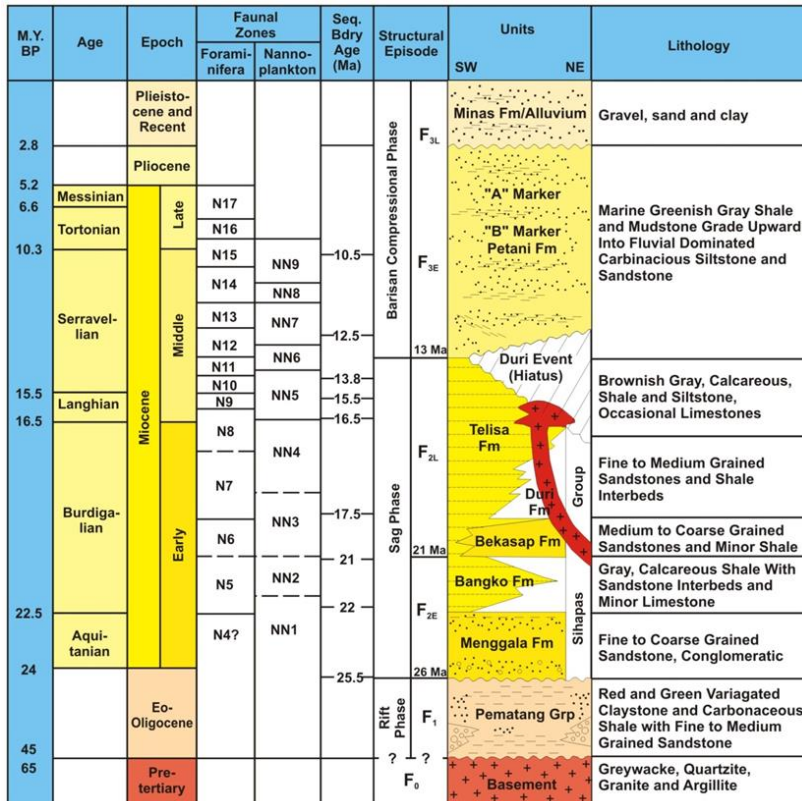
Periode ini adalah periode aktifnya tumbukan N-S antara Indo-Australia menumbuk Sumatra, sehingga terbentuklah Bukit Barisan dan Sesar Sumatra yang berarah Barat Laut-Tenggara (NW-SE) berupa sesar mendatar kanan. Pada periode ini diendapkan sedimen-sedimen dari barat ke timur berupa Formasi Petani.



Gambar 2. 6. Perkembangan tektonostratigrafi Periode  $F_3$  (Heidrick & Aulia, 1993)

### 2.1.2. Stratigrafi Regional

Menurut Heidrick & Aulia (1993) Stratigrafi Cekungan Sumatra Tengah dapat diuraikan sebagai berikut (Gambar 2.7):



Gambar 2. 7. Stratigrafi regional Cekungan Sumatera Tengah (Heidrick & Aulia, 1993)

### Batuan Dasar (Pra-Tersier)

Batuan dasar Cekungan Sumatra Tengah kedalam 3 zona, yaitu:

- *Mutus Assemblage*: Tersusun atas kerak samudra (oviolit) yang ditimpa oleh sedimen laut dalam (abyssal).

- *Mallaca Terrane*: Tersusun atas filit, argilit, sekis, kuarsit, dan shale. Terdapat intrusi oleh pluton granodioritik dan granitik.
- *Greywacke Terrane*: Tersusun atas dominasi *greywacke* batulumpur dan kuarsit

### ***Kelompok Pematang (Eosen-Oligosen)***

Pengendapan batuan Tersier diawali oleh endapan non-marin Kelompok Pematang pada cekungan utara-selatan yang terbentuk pada periode Deformasi F<sub>1</sub>. Grup Pematang ini diendapkan secara tidak selaras di atas Batuan Dasar Pra-Tersier.

Kelompok Pematang ini terdiri atas *Lower Pematang* yang terdiri dari konglomerat diendapkan di lingkungan darat. Di atasnya diendapkan *Brown Shale* (bagian tengah) berupa batuan serpih karbonatan dan lempung, sedangkan bagian atas (*Upper Pematang*) berupa batupasir berbutir halus hingga menengah.

### ***Kelompok Sihapas (Miosen Awal)***

Kelompok Sihapas ini diendapkan secara tidak selaras di atas Kelompok Pematang pada umur Miosen Awal. Kelompok ini dari bawah ke atas terdiri dari Formasi Menggala, Formasi Bangko, Formasi Bekasap, Formasi Duri dan Formasi Telisa.

- *Formasi Menggala*, mengandung batupasir berbutir halus hingga kasar dan konglomeratan.
- *Formasi Bangko*, tersusun oleh serpih karbonatan berwarna yang disisipi batupasir dan batugamping tipis.
- *Formasi Bekasap*, tersusun oleh batupasir berbutir halus hingga sedang dan berselang seling dengan serpih tipis.
- *Formasi Duri*, formasi ini tersusun oleh batupasir berbutir halus hingga sedang dan berselang seling dengan serpih tipis. Formasi Duri, tersusun oleh serpih karbonatan.

### ***Formasi Petani (Miosen Tengah-Miosen Akhir)***

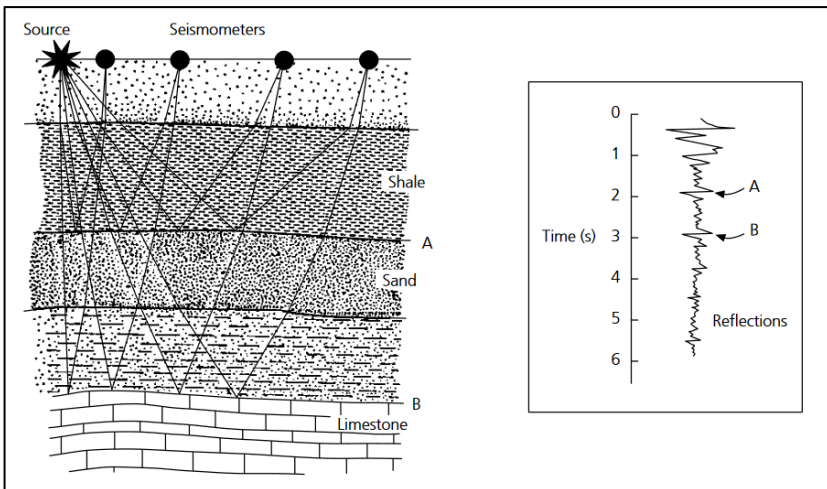
Formasi ini diendapkan secara selaras di atas Kelompok Sihapas pada umur Miosen Tengah dan Miosen Akhir. Formasi Petani tersusun oleh lanau dan batulumpur yang tersusun ke atas hingga didominasi oleh endapan sungai dan batupasir.

### **Formasi Minas (Pleistosen-Sekarang)**

Formasi Minas diendapkan secara tidak selaras di atas Formasi Petani pada umur Pleistosen. Formasi ini tersusun atas batuan alluvial yang terdiri dari batuan yang belum terkonsolidasi seperti kerakal, kerikil, pasir dan lempung.

## **2.2. Metode Seismik Refleksi**

Metode seismik refleksi merupakan salah satu metode geofisika untuk mengobservasi objek bawah permukaan bumi dengan memanfaatkan sifat pemantulan gelombang elastik yang dihasilkan dari sumber seismik. Sumber gelombang seismik dapat berupa dinamit dan vibroseis untuk survei yang dilakukan di darat dan *air gun* jika survei seismik dilakukan di laut. Gelombang seismik yang dihasilkan kemudian akan direkam oleh alat perekam berupa *geophone* untuk survei darat dan *hydrophone* untuk survei yang dilakukan di air (Aissa, 2008).



Gambar 2. 8. Ilustrasi pengukuran metode seismik refleksi (Stein & Wysession, 2003)

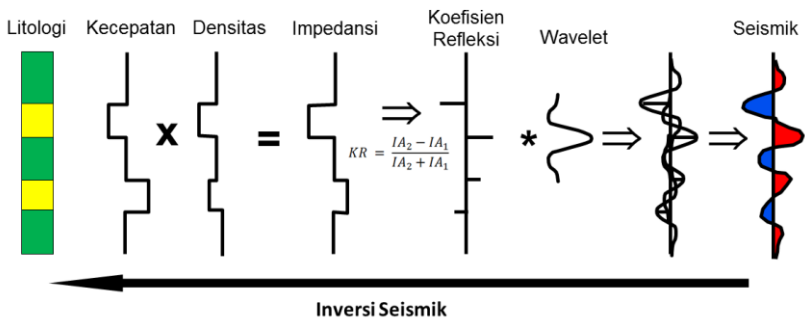
Komponen gelombang seismik yang direkam oleh alat perekam berupa waktu datang gelombang seismik. Dengan diukurnya waktu datang maka akan didapatkan waktu tempuh

gelombang seismik yang berguna untuk memberi informasi mengenai kecepatan seismik dalam suatu lapisan (Aissa, 2008).

### 2.2.1. Metode Inversi Seismik

Inversi seismik adalah suatu metode untuk memodelkan struktur bawah permukaan secara kuantitatif menggunakan data seismik sebagai *input* dan data sumur sebagai data kontrol (Sukmono, 2011). Metode inversi seismik digunakan secara luas dalam analisis data seismik refleksi. Tujuannya adalah untuk memperkirakan sifat fisis batuan (impedansi), karakterisasi reservoir dan pemantauan reservoir selama proses produksi (Gavotti, 2014).

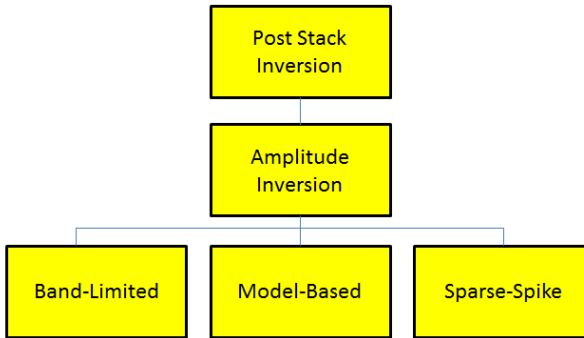
Selain itu, banyak hidrokarbon terperangkap pada reservoir dengan lapisan yang tipis, lapisan ini biasanya berada di bawah resolusi seismik. Hal ini mengakibatkan penentuan ketebalan lapisan reservoir menjadi lebih sulit. Akan tetapi dengan mengekstraksi rangkaian reflektifitas menggunakan metode inversi seismik maka dapat diperoleh informasi untuk menganalisis ketebalan lapisan reservoir (Chopra & Castagna, 2009).



Gambar 2. 9. Ilustrasi proses inversi seismik

Metode inversi seismik dapat dilakukan dengan menggunakan data seismik *pre-stack* maupun data seismik *post-stack*. Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data seismik *post-stack*. Inversi menggunakan data *post-stack* dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.9 (Russell,

1988). Dalam penelitian ini, metode inversi yang digunakan adalah metode inversi *model-based*.



Gambar 2. 10. Jenis-jenis inversi *post-stack* (Russell, 1988)

### ***Impedansi Akustik dan Koefisien Refleksi***

Secara empiris, nilai amplitudo seismik akan sama dengan besarnya energi refleksi yang direkam oleh *receiver* (*geophone* atau *hydrophone*). Refleksi gelombang seismik disebabkan oleh adanya perubahan nilai impedansi akustik. Nilai koefisien refleksi (*KR*) yang didapatkan pada hasil pengukuran didasarkan oleh persamaan 2.1 (Sukmono, 2011).

$$KR = \frac{IA_2 - IA_1}{IA_2 + IA_1} \quad 2.1$$

$$IA = \rho \times v \quad 2.2$$

Impedansi akustik (*IA*) adalah hasil perkalian antara densitas ( $\rho$ ) dengan kecepatan ( $v$ ) (persamaan 2.2). Nilai impedansi akustik dipengaruhi oleh litologi, porositas, konten fluida, kedalaman dan tekanan. Oleh sebab itu, impedansi akustik dapat digunakan sebagai indikator perbedaan litologi, porositas, dan karakterisasi reservoir secara kuantitatif (Sukmono, 2011).

## **Wavelet**

*Wavelet* adalah gelombang mini atau 'pulsa' yang memiliki komponen amplitudo, panjang gelombang, frekuensi dan fasa. Dalam istilah praktis *wavelet* dikenal dengan gelombang yang merepresentasikan satu reflektor yang terekam oleh satu geophone. Fase suatu wavelet merupakan representasi dari karakteristik *source* yang digunakan dalam pengukuran data seismik. Sedangkan *wavelet* Ricker adalah bentuk gelombang teoritis yang mewakili propagasi gelombang seismik apabila menjalar pada media homogen (Wang, 2015). *Wavelet* berdasarkan fasanya dapat dibagi menjadi empat yaitu:

- ***Wavelet fasa minimum (minimum phase)***, yaitu *wavelet* yang dimulai dari  $t = 0$  dengan amplitudo maksimum terdapat pada bagian awalnya
- ***Wavelet fasa maksimum (maximum phase)***, yaitu *wavelet* yang dimulai dari  $t = 0$  dengan amplitudo maksimum terdapat di bagian akhir atau 'ekor' dari *wavelet*.
- ***Wavelet fasa nol (zero phase)***, yaitu *wavelet* yang dimulai sebelum  $t = 0$  dengan amplitudo maksimum pada  $t = 0$ . Biasa digunakan untuk merancang band pass filter.
- ***Wavelet fasa campuran (mixed phase)***, yaitu *wavelet* yang bukan merupakan *wavelet* fasa minimum atau maksimum.
- ***Wavelet fasa linear (linear phase)***, yaitu *wavelet* yang spektrum fasanya berupa garis lurus.

## **Inversi Model-Based**

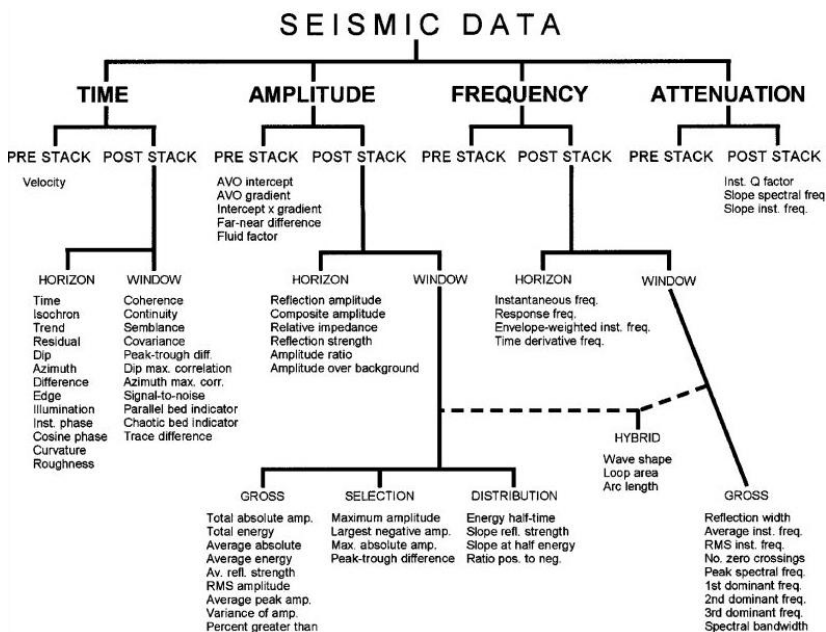
Inversi *model based* menggunakan pendekatan yang mengasumsikan bahwa *trace* seismik dan *wavelet* sudah diketahui. Kemudian model yang dihasilkan dimodifikasi hingga didapatkan sintetik seismik yang menyerupai *trace* seismik hasil pengukuran (Cooke & Schneider, 1983). Pendekatan ini ditunjukkan oleh persamaan 2.3.

$$S = W * KR + Noise \quad 2.3$$

Dimana  $S$  adalah *trace* seismik,  $W$  adalah wavelet dan  $KR$  adalah koefisien refleksi (Persamaan 2.1). Data *trace* seismik akan

didapatkan dari hasil konvolusi antara *wavelet* dengan koefisien refleksi.

Inversi *model-based* mempunyai beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan metode yang lain. Metode ini tidak melakukan inversi terhadap data seismik saja, akan tetapi melakukan inversi pada model geologi berdasarkan kontrol data sumur. Hal ini mengakibatkan hasil inversi akan mendekati kondisi sebenarnya. Kekurangan dari metode ini adalah perlunya pemilihan dan ekstraksi *wavelet* dengan cermat, karena *wavelet* yang digunakan akan sangat mempengaruhi proses inversi (Sukmono, 2011).



Gambar 2. 11. Beberapa contoh atribut yang dapat digunakan dalam analisis *surface attribute* (Sukmono, 2011)

## 2.2.2. Atribut Seismik

Atribut seismik merupakan suatu transformasi matematis dari data *trace* seismik yang merepresentasikan besaran waktu, amplitudo, fase, frekuensi, dan atenuasi. Atribut seismik juga



dinyatakan sebagai sifat kuantitatif dan deskriptif dari data seismik yang dapat ditampilkan dalam skala yang sama dengan data aslinya (Sukmono, 2011).

Tiap-tiap atribut saling berhubungan satu sama lainnya, dimana beberapa atribut memiliki sensitifitas terhadap sifat reservoir tertentu dan beberapa atribut lainnya lebih baik di dalam menampilkan informasi ataupun anomali bawah permukaan yang mula-mula tidak teridentifikasi oleh data konvensional atau bahkan sebagai indikator keberadaan hidrokarbon (*direct hydrocarbon indicator*) (Sukmono, 2011).

### 2.2.3. Metode Multi-Atribut Seismik

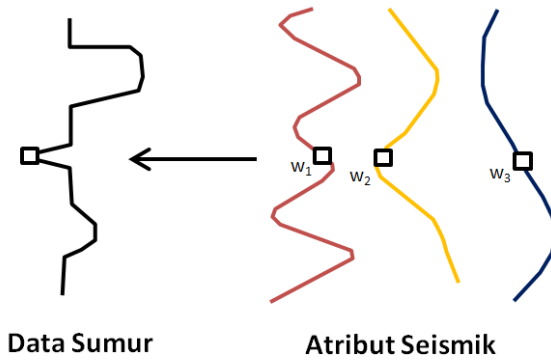
Multi-Atribut adalah metode yang menggunakan kombinasi dari beberapa atribut seismik untuk memprediksi parameter tertentu pada reservoir. Sedangkan atribut seismik merupakan suatu transformasi matematis dari data *trace* seismik yang merepresentasikan besaran waktu, amplitudo, fase, frekuensi, dan atenuasi (Sukmono, 2011).

Seiring berkembangnya teknologi, metode multi-atribut seismik dapat digunakan sebagai metode yang komprehensif untuk memecahkan permasalahan yang berkaitan dengan analisis geofisika. Penggunaan metode ini sangat berguna untuk memprediksi model statis reservoir, pola persebaran, anomali sesar, dan lain sebagainya (Jinping & Yunqing, 2009).

Kombinasi antara beberapa atribut ini kemudian ditentukan hubungannya dengan data sumur secara statistik sehingga dapat digunakan untuk memprediksi parameter yang diinginkan. Kombinasi dilakukan dengan memberikan nilai bobot pada masing-masing atribut yang digunakan sesuai dengan persamaan 2.4 (Hampson & Russell, 2000).

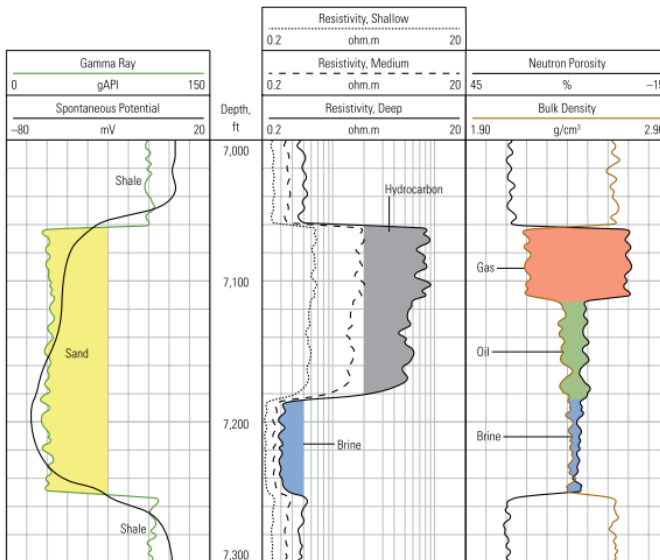
$$L(t) = w_0 + w_1A_1(t) + w_2A_2(t) + w_3A_3(t) \quad 2.4$$

Dimana  $L(t)$  merupakan log yang ingin diprediksi,  $w$  adalah nilai bobot dan  $A$  adalah atribut seismik. Pembobotan diberikan berdasarkan tingkat kemiripan *trace* atribut dengan data sumur yang akan diprediksi.



Gambar 2. 12. Ilustrasi proses multi-atribut seismik (Hampson & Russell, 2000)

Kelebihan dari penerapan metode ini adalah dapat memprediksi atau mengestimasi volum dari properti log di semua lokasi pada volum seismik. Hal ini sangat baik karena dapat menjadi panduan dalam proses analisis reservoir (Citajaya, 2008).



Gambar 2. 13. Ilustrasi data sumur (Varhaug, 2016)

## **2.3. Data Sumur**

Data sumur memberikan informasi plot antara parameter fisis suatu lapisan terhadap kedalaman dengan singkat dan rinci. Dari plot data sumur, interpreter dapat mengidentifikasi litologi, membedakan antara zona berpori atau tidak, serta mengidentifikasi ketebalan zona batupasir pada formasi bawah permukaan (Varhaug, 2016). Gambar 2.12 memberikan ilustrasi hasil pengukuran dan interpretasi data sumur.

### **2.3.1. Data Log Gamma Ray**

Log gamma ray mengukur nilai radioaktif alami pada suatu formasi. Log ini biasanya digunakan untuk mengidentifikasi litologi dan melakukan korelasi data sumur. Formasi yang tersusun atas litologi batupasir akan memiliki nilai pembacaan gamma ray yang rendah karena batupasir memiliki konsentrasi material radioaktif yang rendah. Pembacaan nilai gamma ray akan tinggi pada formasi yang tersusun atas litologi batuan serpih karena konsentrasi material radioaktifnya tinggi (Asquith & Krygowski, 2004).

### **2.3.2. Data Log Densitas**

Log densitas berisi informasi mengenai nilai massa jenis (densitas) dari suatu formasi. Log diukur dengan cara mengemisikan sinar gamma ke formasi yang akan diukur. Ketika sinar gamma teremis, maka akan terjadi benturan dengan elektron pada formasi. Hal ini menyebabkan partikel gamma mengalami kehilangan energi. Jumlah energi yang hilang tersebut akan sebanding dengan jumlah elektron densitas pada formasi (Asquith & Krygowski, 2004).

### **2.3.3. Data Log Kecepatan (*Sonic*)**

Data log kecepatan mengukur *interval transit time* (DT) dari gelombang akustik yang ditransmisikan pada formasi. Nilai DT akan sangat bergantung pada litologi dan porositas dari formasi. Formasi dengan struktur yang kompak akan memiliki nilai DT yang kecil, sehingga nilai pembacaan kecepatannya akan menjadi tinggi. Log ini diukur menggunakan *transmitter ultrasonic* dan *receiver* (Asquith & Krygowski, 2004).

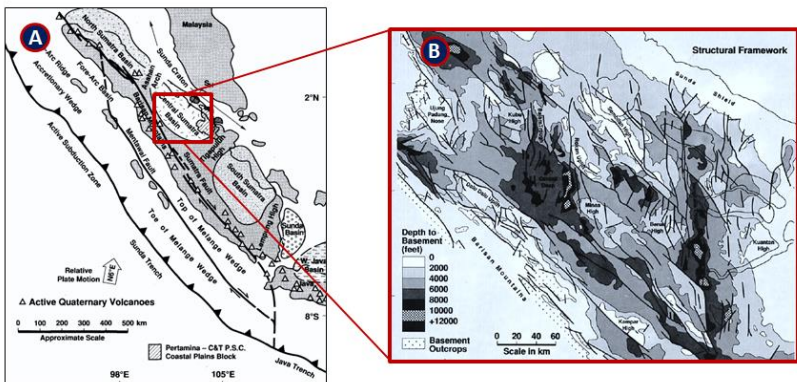
#### **2.3.4. Data Log Resistivitas**

Data log resistivitas digunakan untuk menentukan konten fluida pada suatu reservoir. Hal ini dapat dilakukan karena sifat alami fluida pada reservoir memiliki karakteristik yang sangat berbeda. Air cenderung bersifat konduktif dan migas bersifat resistif. Sehingga lapisan yang memiliki nilai saturasi air yang rendah (terisi migas) akan memiliki pembacaan resistivitas yang tinggi, begitu pun sebaliknya. Data resistivitas pada formasi diukur dengan menggunakan 2 elektroda, elektroda ini berfungsi mentransmisikan arus dan mengukur nilai konduktivitas pada formasi (Asquith & Krygowski, 2004).

## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian Tugas Akhir dilaksanakan pada tanggal 22 Agustus 2017 – 24 Oktober 2017. Tempat penelitian Tugas Akhir dilaksanakan di Kantor Pusat Badan Operasi Bersama PT. Bumi Siak Pusako – Pertamina Hulu (BOB CPP), Jakarta Selatan. Sedangkan lokasi yang menjadi daerah penelitian Tugas Akhir terletak di kawasan Cekungan Sumatera Tengah (Gambar 3.1).



Gambar 3. 1. Daerah penelitian (Heidrick & Aulia, 1993)

### 3.2. Data Penelitian

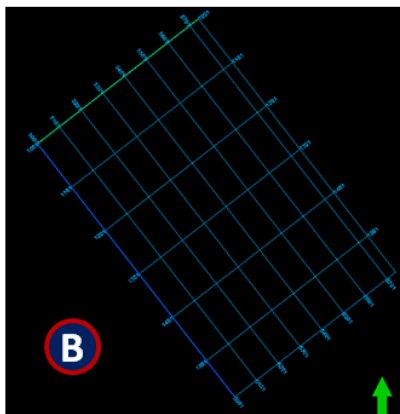
Data yang digunakan pada penelitian Tugas Akhir ini adalah data skunder milik BOB PT. BSP – Pertamina Hulu. Data yang digunakan berupa data seismik 3D *post-stack* dan 3 buah data sumur.

#### 3.2.1. Data Seismik

Data seismik yang digunakan merupakan data seismik 3D *post-stack* dengan luas area 134,8 km<sup>2</sup>. Peta dasar dan informasi mengenai data seismik ditunjukkan oleh Gambar 3.2.

Data Seismik 3D	
Total Xline	741
Total Inline	584
Spasi	25 m
Luas Area	134,8 km <sup>2</sup>

**A**



**B**

Gambar 3. 2. A. Informasi data seismik 3D; B.Peta dasar orientasi lintasan data seismik

### 3.2.2. Data Sumur

Dalam penelitian ini digunakan 3 buah data sumur. Data sumur yang digunakan adalah data pengukuran *Gamma Ray*, densitas, kecepatan-P, dan resistivitas. Informasi mengenai ketersediaan data sumur yang digunakan ditunjukkan oleh tabel 3.1.

Tabel 3. 1. Informasi ketersediaan data sumur

Data	Sumur		
	J-1	J-2	J-3
<i>Gamma Ray</i>	✓	✓	✓
Kecepatan-P	✓	✓	✓
Densitas	✓	✓	✓
Resistivitas	✓	✓	✓

✓ : Data Tersedia

### 3.3. Pengolahan Data

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa tahap pengolahan dan analisis data untuk mendapatkan hasil sesuai dengan tujuan pada sub-bab 1.3. Berikut adalah tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini.

### **3.3.1. *Input Data***

Proses *input* data adalah proses memasukan data – data yang akan digunakan untuk keperluan analisis. Seluruh data seismik dan data sumur yang digunakan dimasukkan ke dalam perangkat lunak Petrel dan Hampson Russel.

### **3.3.2. Proses Interpretasi Data Sumur**

Proses Interpretasi data sumur dilakukan pada perangkat lunak Petrel. Interpretasi terbatas pada zona yang menjadi target penelitian, dalam hal ini Kelompok Sihapas. Proses analisis terdiri atas interpretasi litologi serta korelasi top formasi dan litologi antar data sumur.

Interpretasi litologi dilakukan berdasarkan data *gamma ray* dan densitas pada setiap sumur. Kemudian hasil interpretasi litologi pada masing-masing data sumur dikorelasikan satu sama lain. Korelasi dilakukan berdasarkan kesamaan karakteristik hasil interpretasi antara satu sumur dengan sumur lainnya.

### **3.3.3. *Well-Seismic Tie***

*Well-seismic tie* adalah suatu proses untuk mengikat data seismik dengan data sumur. Proses pengikatan ini dimaksudkan untuk menjadi penghubung antara kedua data yang memiliki domain berbeda. Data seismik diukur dengan menggunakan domain waktu, sedangkan data sumur diukur dengan menggunakan domain jarak. Hasil dari pengikatan kedua data ini dapat digunakan untuk mengidentifikasi posisi *marker* data sumur pada data seismik, sehingga mempermudah proses interpretasi.

Proses pengikatan data sumur dengan data seismik ini dilakukan menggunakan data log kecepatan, data log densitas dan menggunakan *wavelet* dari data seismik. Data-data tersebut digunakan untuk membuat seismik sintetik. Seismik sintetik itulah yang kemudian digunakan untuk diikat dengan data seismik hasil pengukuran. Proses pengikatan dilakukan hingga didapatkan nilai korelasi yang paling baik antara data sintetik seismik dengan data seismik asli. Proses ini dilakukan menggunakan perangkat lunak Hampson Russel.

### 3.3.4. Proses Interpretasi Data Seismik

Proses interpretasi data seismik dilakukan pada perangkat lunak Petrel. Interpretasi data seismik dilakukan untuk mengidentifikasi patahan dan *horizon* yang menjadi target penelitian. Interpretasi dilakukan berdasarkan kenampakan refleksi-refleksi seismik yang ditunjukkan oleh nilai amplitudo pada *trace* seismik. Refleksi seismik dihasilkan dari perbedaan litologi antar satu lapisan dengan lapisan lainnya. Nilai amplitudo yang tinggi atau rendah dapat menjadi indikator untuk mendapatkan informasi struktur di bawah permukaan.

Hasil akhir dari proses ini berupa peta struktur zona target dalam domain waktu. Peta struktur ini digunakan menjadi panduan untuk mengidentifikasi daerah yang potensial menjadi tempat terakumulasinya migas secara struktural.

### 3.3.5. Proses Analisis Sensitivitas

Tujuan dilakukannya analisis sensitivitas adalah untuk mengidentifikasi parameter fisis yang bisa memisahkan zona prospek dengan zona tidak prospek serta litologinya. Hasil analisis ini juga dapat digunakan untuk membuat prediksi mengenai zona-zona yang kemungkinan terisi oleh migas atau tidak.

Analisis sensitivitas dilakukan dengan cara membuat *cross-plot* antara parameter fisis impedansi akustik (produk perkalian densitas dengan kecepatan-P) dengan *gamma ray* serta menggunakan nilai resistivitas sebagai skala warna.

### 3.3.6. Penerapan Metode Inversi Seismik

Metode inversi seismik dapat digunakan untuk mengidentifikasi litologi atau zona tertentu pada data seismik berdasarkan kontrol data sumur. Data sumur memiliki resolusi vertikal yang sangat detail, namun data seismik tidak. Sedangkan data seismik memiliki resolusi lateral yang sangat baik. Metode inversi seismik menjadi solusi untuk mengintegrasikan kedua data ini sehingga didapatkan informasi yang detail untuk mempermudah interpretasi bawah permukaan. Metode inversi seismik yang digunakan pada penelitian ini adalah *model based inversion* (sub-bab 2.2.1) dengan menganalisis parameter fisika impedansi akustik.



Proses ini dimulai dengan membuat model awal impedansi akustik bawah permukaan (*initial model*) menggunakan data sumur, *wavelet* dan hasil interpretasi *horizon*. Pada pembuatan model awal ini dilakukan proses *high cut frequency* pada rentang 10-15 Hz. Setelah itu dilakukan proses analisis inversi dengan membandingkan antara model awal dengan data seismik. Analisis ini diselesaikan dengan melibatkan proses iterasi sehingga didapatkan model dengan nilai korelasi paling tinggi. Model akhir impedansi akustik tersebut kemudian dilakukan interpretasi berdasarkan hasil analisis sensitivitas (sub-bab 3.3.5) yang telah dilakukan sebelumnya.

### **3.3.7. Penerapan Metode Multi-Atribut Seismik**

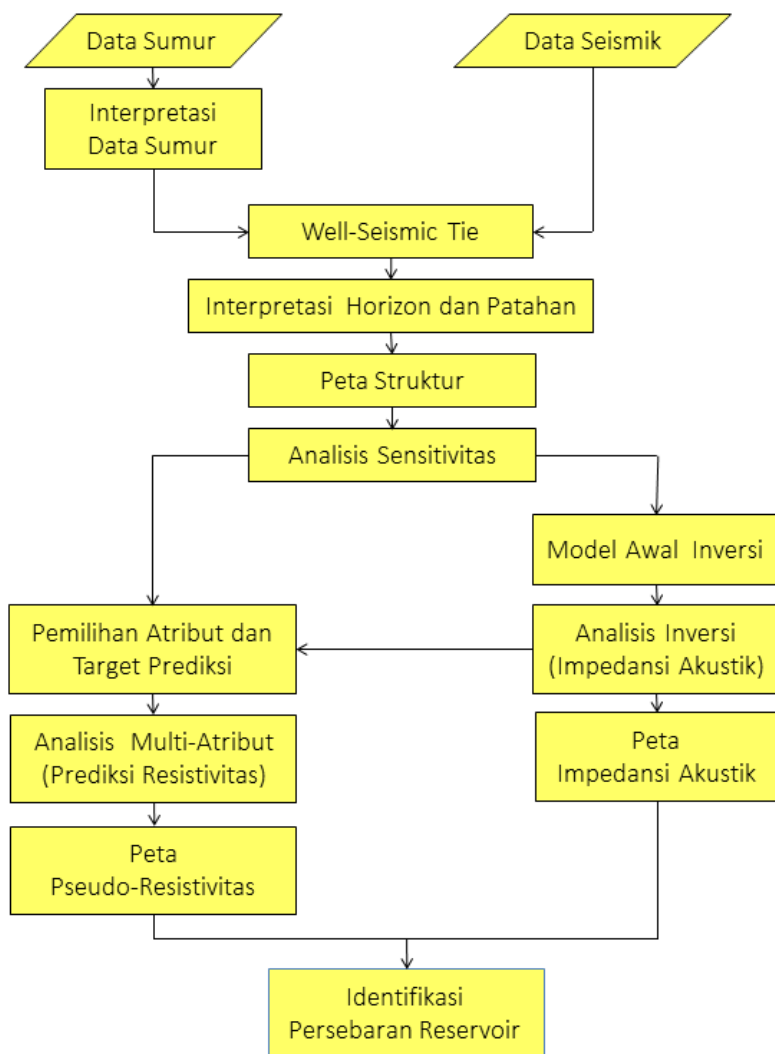
Metode multi-atribut seismik digunakan untuk memprediksi properti fisis dari reservoir dengan menggunakan pendekatan atribut-atribut seismik. Properti reservoir yang diprediksi dalam penelitian ini adalah nilai resistivitas.

Proses penerapan metode ini terdiri dari beberapa tahapan. Pertama, dilakukan identifikasi parameter fisis dari data sumur serta atribut-atribut seismik yang sesuai berdasarkan parameter tersebut. Kemudian dicari atribut tunggal pertama yang paling baik dengan menggunakan *trial and error*. Atribut terbaik adalah atribut yang memberikan nilai korelasi paling tinggi. Atribut ini selanjutnya akan disebut atribut-a

Kemudian dicari pasangan atribut yang paling baik dengan mengasumsikan anggota pasangan yang pertama adalah atribut-a. Atribut ini selanjutnya akan disebut atribut-b. Kemudian dicari kembali tiga buah atribut yang berpasangan paling baik, dengan mengasumsikan dua buah anggota yang pertama atribut-a dan atribut-b. Tiga buah atribut yang paling baik adalah yang memberikan nilai korelasi paling besar. Prediksi ini berlangsung terus sebanyak yang diinginkan. Dalam penelitian ini prediksi dilakukan menggunakan 6 atribut.

Setelah itu, ditentukan hubungan antara hasil prediksi atribut-atribut seismik tersebut dengan parameter hasil pengukuran data sumur secara statistik. Jika kedua data menunjukkan nilai korelasi yang relatif tinggi, maka hasil analisis dapat diterapkan pada *cube* seismik.

### 3.4. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 3. Diagram alir penelitian

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

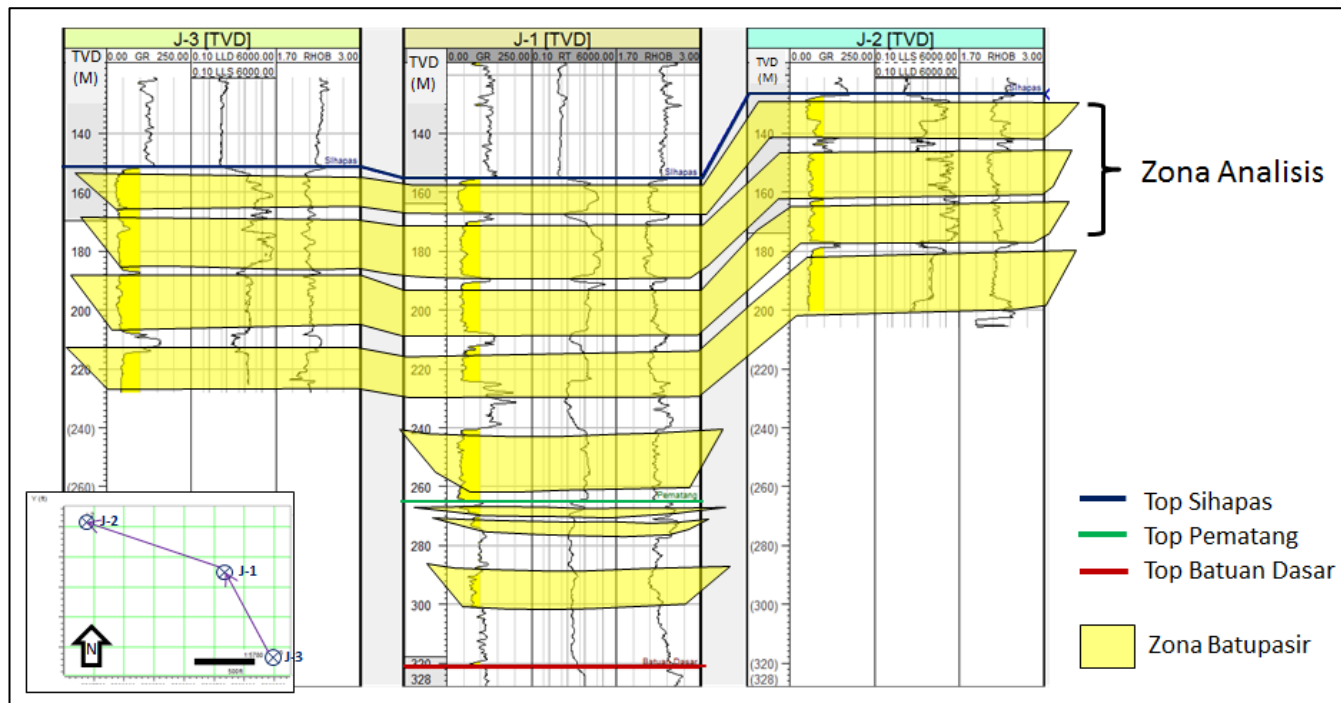
#### **4.1. Interpretasi Data Sumur**

Interpretasi data sumur (Gambar 4.1) bertujuan untuk mengidentifikasi batas formasi, litologi dan korelasi antar sumur yang terdapat pada daerah penelitian. Interpretasi batas formasi umumnya telah dilakukan saat proses pengukuran. Interpretasi litologi dilakukan menggunakan data log gamma ray dan densitas. dan korelasi antar sumur dilakukan berdasarkan kesamaan karakteristik interpretasi pada masing – masing sumur.

Berdasarkan data pengukuran yang didapat, batas top formasi pada sumur J-1 yaitu Kelompok Sihapas (510 ft), Kelompok Pematang (870 ft) dan Batuan Dasar (1056 ft). Pada sumur J-2 dan J-3 data sumur yang tersedia tidak mencapai kedalaman Kelompok Pematang, sehingga batas top formasi pada sumur J-2 yaitu Kelompok Sihapas (416 ft) dan pada sumur J-3 yaitu Kelompok Sihapas (497 ft).

Interpretasi litologi pada daerah penelitian didasarkan pada data log gamma ray dan data densitas. Dari data yang didapatkan, dapat diamati adanya zona dengan nilai gamma ray rendah ( $< 75$  API) sekaligus memiliki nilai densitas yang rendah pula. Zona ini dapat diasumsikan sebagai litologi batupasir, karena batupasir memiliki karakteristik yang tidak kompak. Sedangkan zona dengan nilai Gamma ray tinggi dan densitas tinggi dapat diasumsikan sebagai zona non-batupasir yang umumnya berupa batuan serpih. Jika dikorelasikan dengan kolom stratigrafi regional (subbab 2.1.2), maka dapat diasumsikan Kelompok Sihapas yang dianalisis pada zona ini merupakan Formasi Bekasap karena zona ini tersusun oleh batupasir dan berselang seling dengan batuan serpih yang tipis.

Hasil identifikasi top formasi dan interpretasi litologi pada masing-masing sumur kemudian dikorelasikan antar tiap sumur. Berdasarkan hasil korelasi top formasi, menunjukkan bahwa lokasi sumur J-2 berada relatif lebih tinggi dibandingkan sumur J-1 dan J-3. Selain itu tubuh batupasir yang diinterpretasi pada masing-masing sumur cenderung memiliki karakteristik yang sama sehingga dapat diasumsikan sebagai tubuh batuan yang sama.



Gambar 4. 1. Interpretasi dan korelasi data sumur

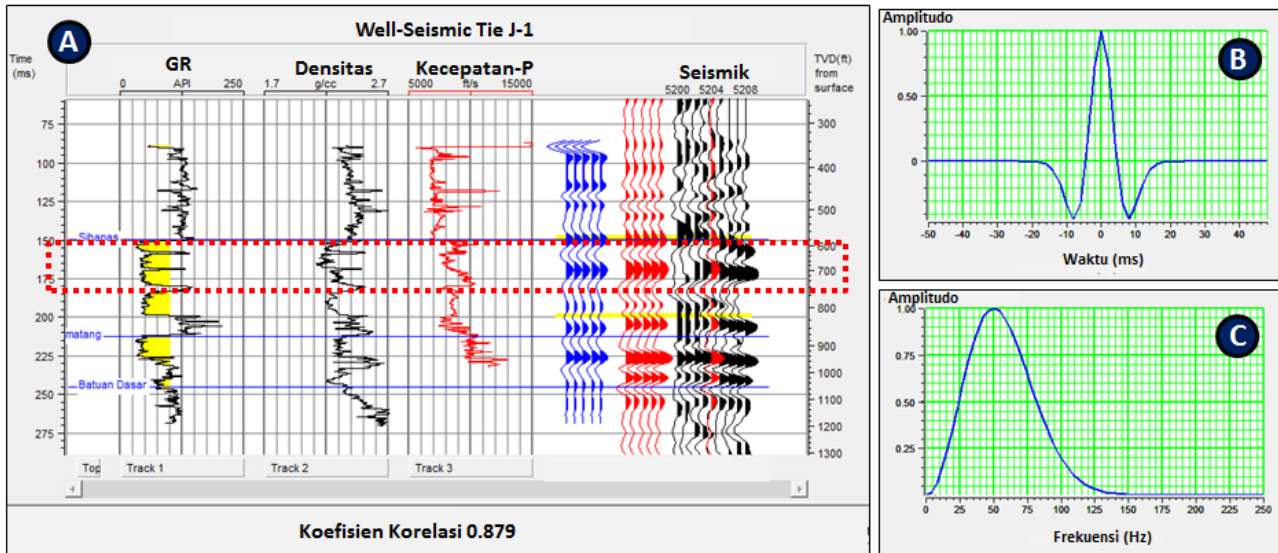
## 4.2. Hasil Well Seismic Tie

*Well-seismic tie* dilakukan pada seluruh sumur yang digunakan. *Wavelet* yang digunakan adalah *wavelet* Ricker-50. *Wavelet* ini dipilih karena penggunaan *wavelet* ini memberikan nilai korelasi yang paling baik pada setiap data sumur. Nilai korelasi yang dihasilkan yaitu: pada sumur J-1 = 0.879, sumur J-2 = 0,796 dan sumur J-3= 0,738. Nilai – nilai ini relatif baik karena seluruhnya di atas 0,5. Hasil *well-seismic tie* dapat dilihat pada gambar 4.2

## 4.3. Analisis Sensitivitas

Hasil analisis sensitivitas ditunjukkan oleh gambar 4.3. Sumbu X merupakan parameter impedansi akustik, sumbu Y adalah gamma ray dan indeks warna menggunakan data resistivitas. Dari *crossplot* ini dapat penulis membagi data dalam beberapa zona berdasarkan *cut off* nilai parameter fisis pada masing – masing sumbu. Hal ini dilakukan berdasarkan arah sebaran data dan indeks warna.

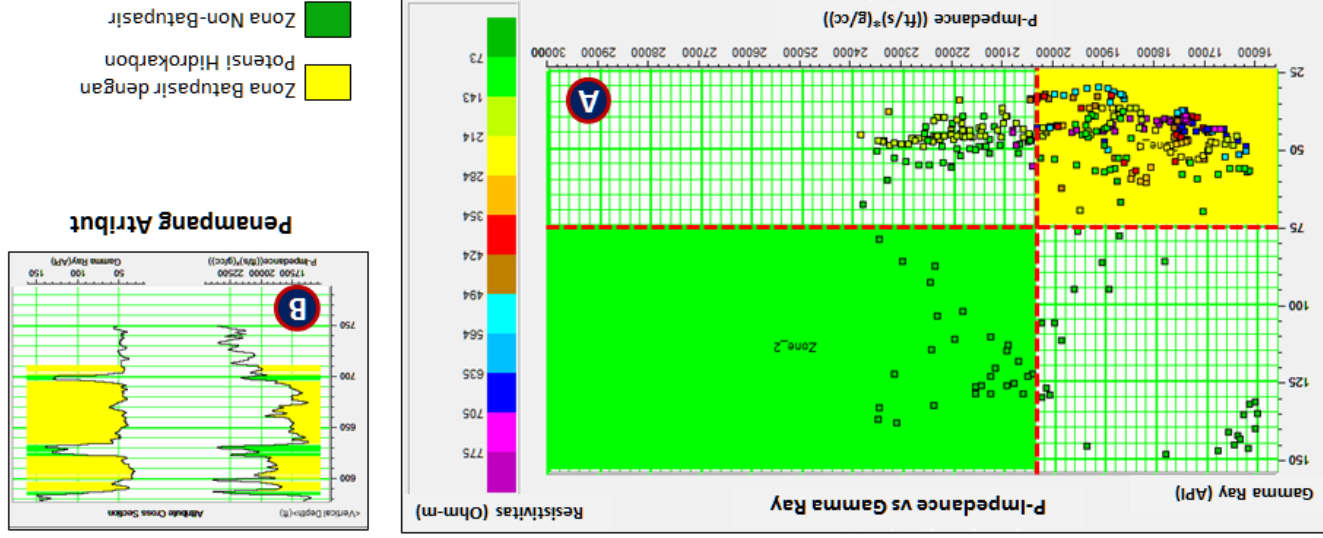
Dari *crossplot* ini dapat disimpulkan bahwa data impedansi akustik tidak begitu sensitif terhadap data gamma ray. Namun dengan adanya indeks warna resistivitas, impedansi akustik dapat menunjukan zona gamma ray rendah yang memiliki resistivitas tinggi dengan zona gamma ray rendah yang memiliki resistivitas rendah. Berdasarkan tinjauan pustaka pada subbab 2.3.4, nilai resistivitas tinggi dapat diduga sebagai indikasi keberadaan fluida berupa migas. Sehingga, nilai impedansi akustik dapat digunakan untuk menduga lapisan batupasir yang kemungkinan terisi migas, dengan lapisan batupasir yang tidak terisi migas.



 Seismik Sintetik  
 Seismik Asli  
 Area Penelitian

Gambar 4. 2. Hasil *well-seismic tie* pada J-1. (A) Proses *well-seismic tie*; (B) *wavelet* yang digunakan; (C) Spektrum frekuensi dominan dari *wavelet* yang digunakan

Gambar 4. 3. Hasil analisis sensitivitas pada sumur J-1; (A) Pembagian zonasi; (B) penampang melintang hasil pembagian zonasi



#### 4.4. Interpretasi Data Seismik

Interpretasi data seismik bertujuan untuk mengidentifikasi patahan dan horizon pada daerah penelitian. Patahan pada data seismik ditunjukkan dengan nilai amplitudo yang *chaos* secara vertikal dan adanya ketidakmenerusan reflektor seismik secara horizontal. Sedangkan horizon ditunjukkan dengan kemenerusan reflektor seismik secara horizontal.

Interpretasi horizon (Gambar 4.4) dilakukan pada reflektor yang diduga sebagai *top* kelompok Sihapas dan Batuan Dasar. Reflektor yang menjadi horizon diinterpretasi berdasarkan pada hasil interpretasi data sumur yang telah diikat dengan data seismik melalui proses *well-seismic tie*.

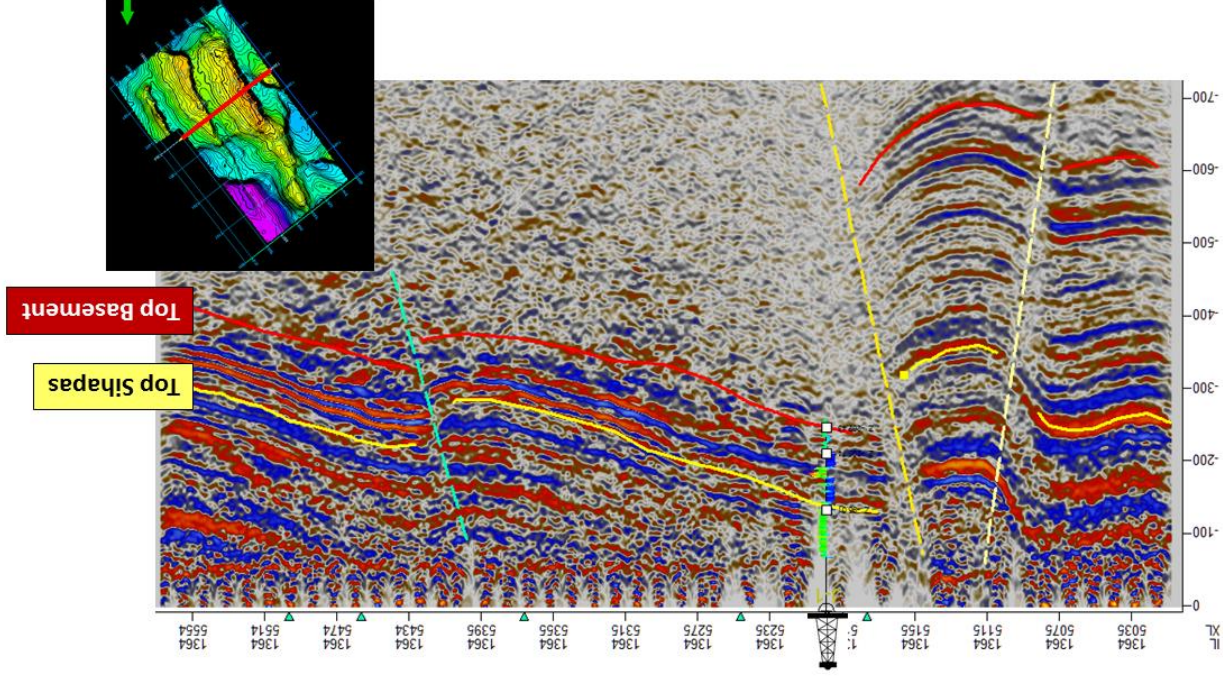
Hasil interpretasi patahan (Gambar 4.5) menunjukkan adanya patahan mayor pada daerah penelitian berupa patahan naik dengan orientasi Barat Laut-Tenggara (NW-SE). Patahan ini dapat diinterpretasikan sebagai hasil dari adanya gaya tumbukan antara lempeng Indo-Australia yang menumbuk Sumatra (sub-bab 2.1.1). Adanya patahan pada daerah penelitian dapat berpotensi menjadi perangkap struktural untuk akumulasi migas.

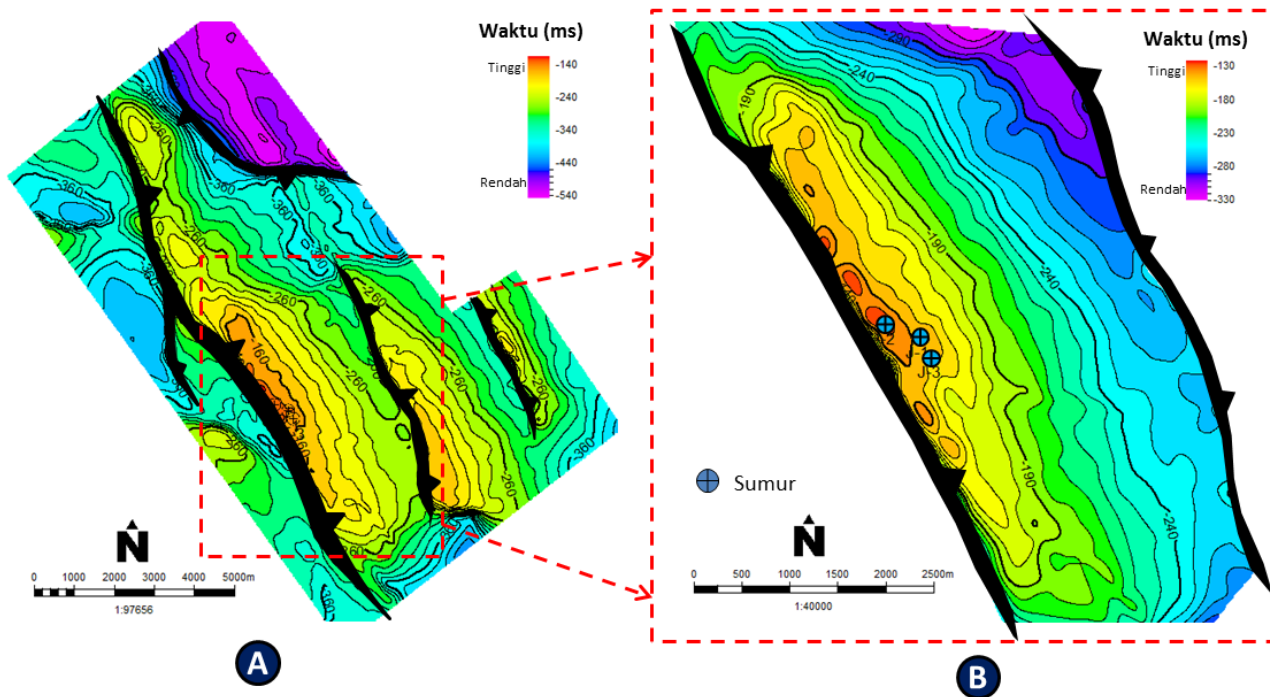
Peta struktur hasil interpretasi (Gambar 4.5) menunjukkan adanya zona tinggi dan rendah yang dapat diidentifikasi menggunakan skala warna. Warna hijau-kuning menunjukkan zona yang lebih tinggi dibandingkan warna biru-ungu. Zona tinggian pada daerah penelitian terbentuk bersamaan dengan patahan naik karena tumbukan antara lempeng Indo-Australia yang menumbuk Sumatra. Terdapat 3 zona tinggian yang membentuk tutupan (*closure*) karena adanya patahan. *Closure* yang terbentuk paling tinggi terbentuk pada patahan yang paling besar. *Closure* ini berpotensi menjadi tempat terakumulasinya hidrokarbon dengan patahan berperan sebagai perangkap struktural.

Analisis inversi dan multi-atribut seismik selanjutnya difokuskan pada *closure* dengan wilayah yang paling tinggi. Hal ini dilakukan karena sifat alami migas yang secara fisis mengalami migrasi ke zona yang lebih tinggi. Selain itu data sumur yang tersedia hanya terdapat pada zona *closure* tersebut, sehingga hasil analisis akan memiliki relevansi paling baik pada zona tersebut.



Gambar 4. 4. Hasil interpretasi data seismik pada penampang yang melewati sumur J-1





Gambar 4. 5. (A) Peta struktur waktu Lapangan "Jambu"; (B) Zona *closure* yang paling tinggi

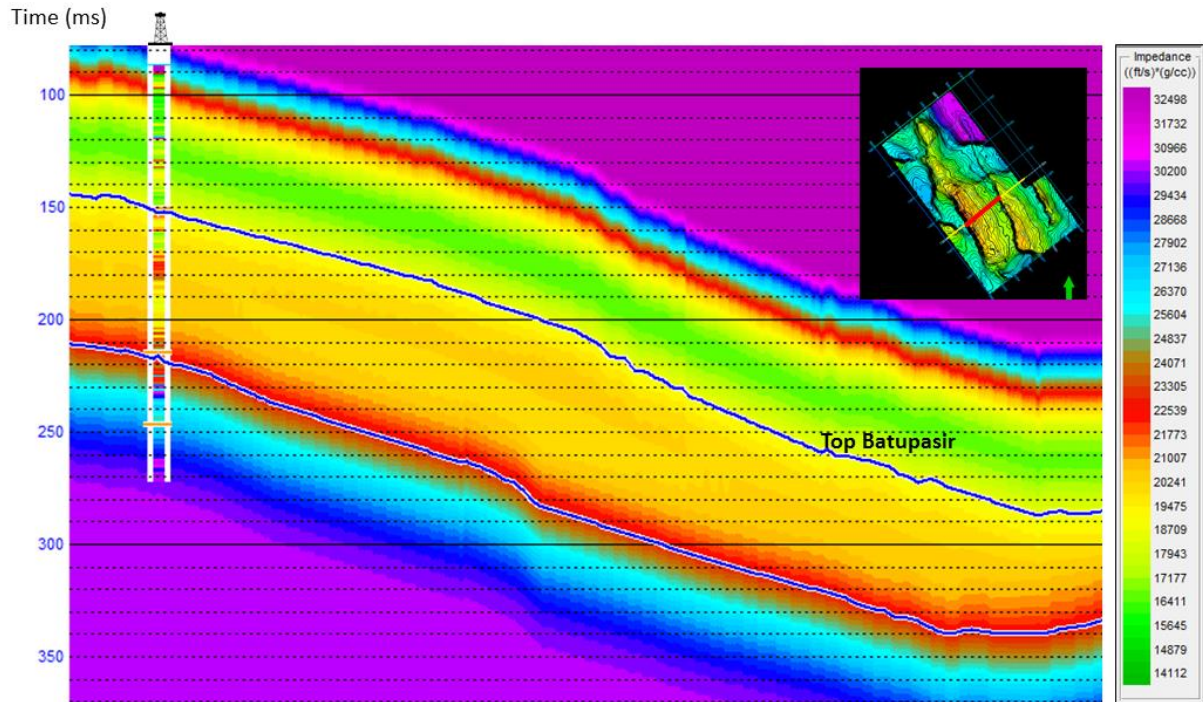
#### 4.5. Analisis Hasil Inversi Seismik: Volum Impedansi Akustik

Hasil pembuatan model awal impedansi akustik pada daerah penelitian ditunjukkan oleh Gambar 4.6. Tujuan pembuatan model awal adalah untuk menghindari terjadinya model inversi yang tidak representatif, karena bisa jadi model bawah permukaan yang dihasilkan akan mengalami perbedaan walaupun sumber data seismiknya sama, jika tidak membuat model awal terlebih dahulu. Berdasarkan korelasi dengan interpretasi data seismik dan data sumur, model awal yang dihasilkan sudah cukup baik untuk selanjutnya dilakukan analisis inversi *model based*.

Gambar 4.7 menunjukkan proses inversi yang dilakukan menggunakan setiap data sumur. Proses inversi dilakukan menggunakan wavelet Ricker-50 dan nilai impedansi akustik (hasil perkalian data log kecepatan dengan densitas). Model log impedansi akustik hasil pemodelan inversi memiliki pola yang relatif sama. Selain itu nilai korelasi yang dihasilkan memiliki nilai yang relatif baik ( $> 0,5$ ), yaitu rata – rata 0,84 (Sumur J-1 = 0,89; Sumur J-2 = 0,87; Sumur J-3 0,72).

Gambar 4.8 menunjukkan hasil inversi pada lintasan seismik yang melewati sumur J-1. Dari penampang tersebut dapat diidentifikasi zona yang ditunjukkan oleh warna hijau-merah memiliki nilai impedansi akustik yang lebih rendah (12.000-19.000 (ft/s\*g/cc)) dibandingkan zona yang ditunjukkan oleh warna biru-ungu ( $>19.000$  ft/s\*g/cc). Berdasarkan hasil analisis sensitivitas yang telah dilakukan sebelumnya (subbab 4.3), zona dengan nilai impedansi akustik rendah dapat diindikasikan sebagai lapisan batupasir dengan potensi adanya hidrokarbon. Lapisan batupasir yang teridentifikasi memiliki kemenerusan sepanjang horizon.

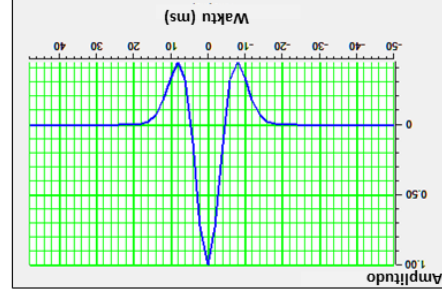
Peta impedansi akustik pada top horizon (Gambar 4.9) menunjukkan sebaran zona impedansi akustik rendah tersebar pada hampir seluruh horizon, hanya pada wilayah tenggara (SE) impedansi zona impedansi akustik tinggi terkonsentrasi. Hal ini menunjukkan bahwa hampir seluruh horizon tersusun atas litologi batupasir, semakin rendah nilai impedansi akustik (yang ditunjukkan oleh warna hijau) menunjukkan bahwa batupasir tersebut memiliki kualitas yang paling baik karena kemungkinan rendahnya nilai tersebut dipengaruhi pula oleh porositas yang semakin besar.



Gambar 4. 6. Model Awal

Gambar 4. 7. Hasil analisis inversi seismik

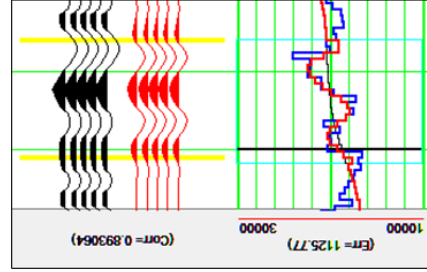
## Wavelet Ricker-50



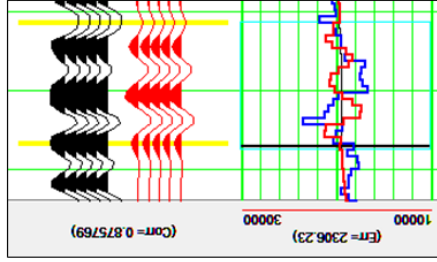
Korelasi Total: 0.844



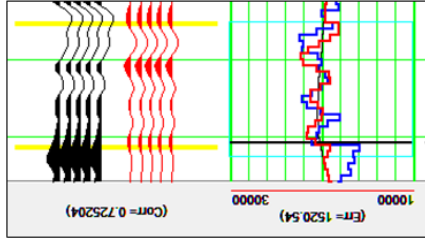
J-1



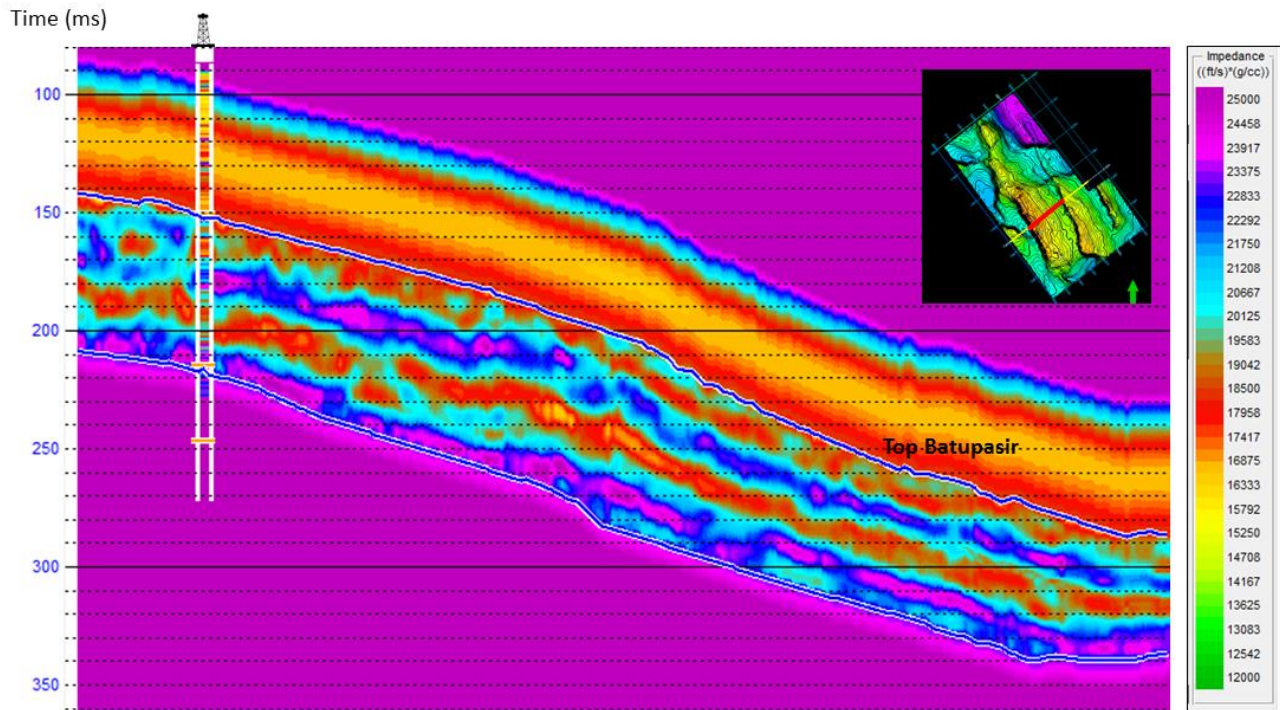
J-2



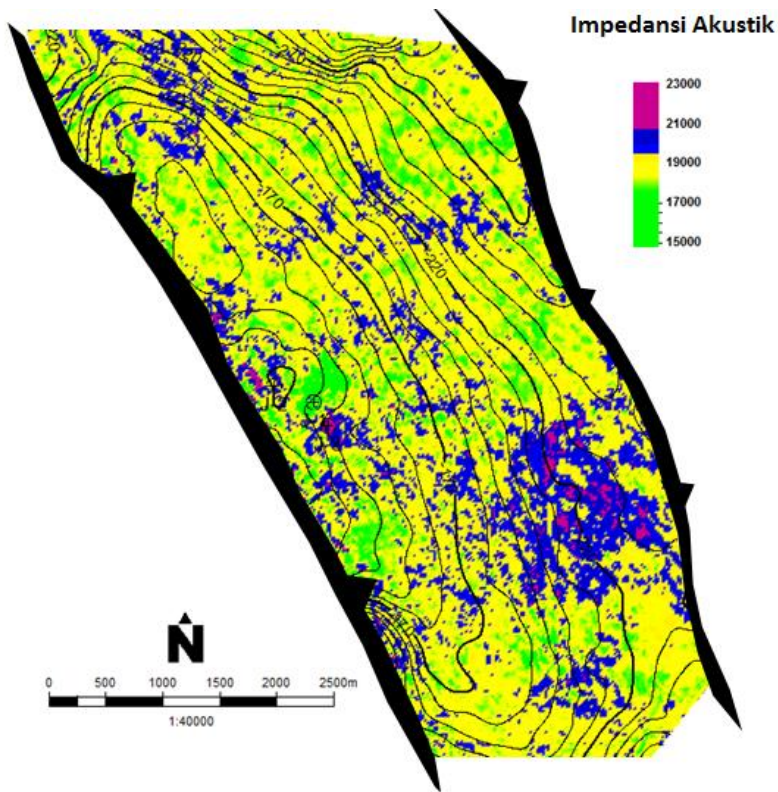
J-3







Gambar 4. 8. Penampang impedansi akustik pada lintasan seismik yang melewati sumur J-1



Gambar 4. 9. Peta impedansi akustik hasil inversi seismik

#### 4.6. Analisis Hasil Multi-Atribut Seismik: Volum Resistivitas

Analisis multiatribut seismik dilakukan untuk membuat prediksi log resistivitas. Log resistivitas berguna untuk mengidentifikasi konten fluida yang terkandung pada reservoir batupasir yang telah diidentifikasi menggunakan peta impedansi akustik.

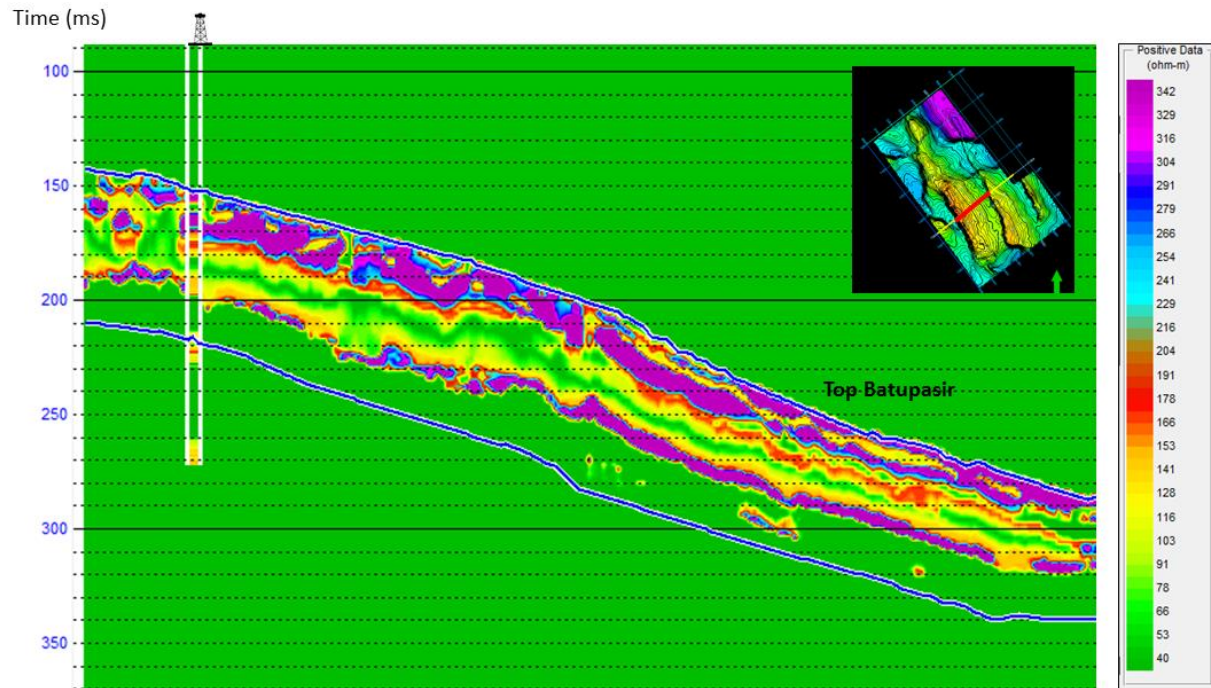
Prediksi dilakukan menggunakan 6 buah atribut seismik (Gambar 4.10A) yang memiliki korelasi paling tinggi berdasarkan proses *trial* dan *error*. Hasil prediksi ditunjukkan oleh Gambar (4.10B). Kurva resistivitas yang dihasilkan relatif memiliki pola yang hampir sama dengan resistivitas hasil pengukuran. Nilai korelasi antara hasil prediksi dengan data hasil pengukuran relatif baik ( $>0,5$ ), yaitu sebesar 0,88.

Gambar 4.11 menunjukkan hasil prediksi resistivitas berdasarkan analisis multi-atribut seismik yang telah diterapkan pada penampang seismik. Dari penampang tersebut dapat diidentifikasi zona yang ditunjukkan oleh warna hijau-merah memiliki nilai resistivitas yang lebih rendah (40-150 ohm-m) dibandingkan zona yang ditunjukkan oleh warna biru-ungu ( $>150$  ohm-m). Berdasarkan dari tinjauan pustaka (subbab 2.3.4), zona dengan nilai resistivitas tinggi dapat diindikasikan memiliki saturasi air yang rendah, atau terisi oleh migas.

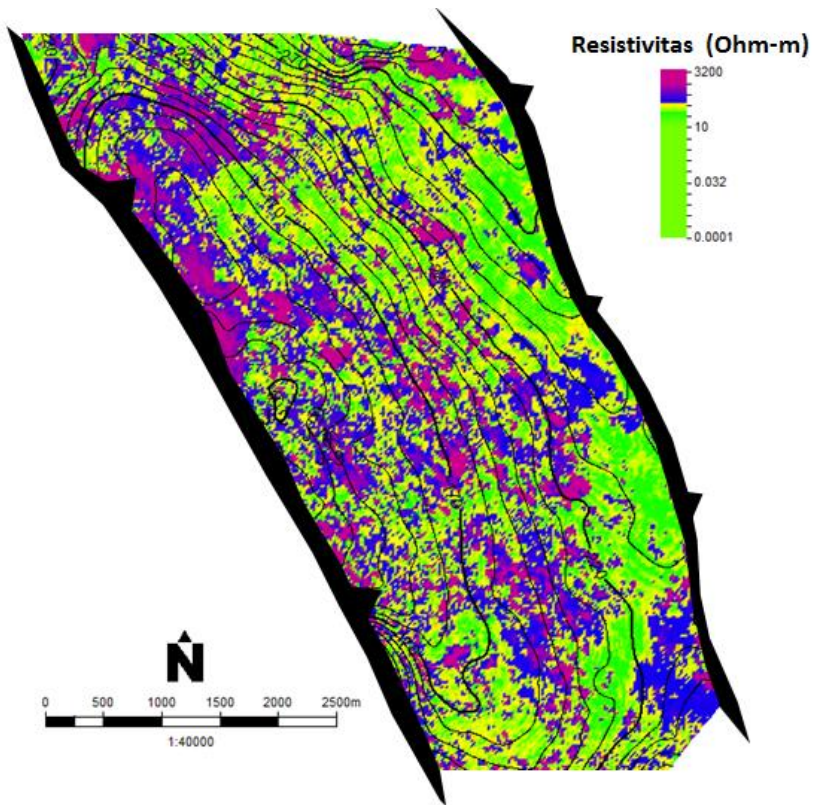
Peta hasil analisis multi-atribut seismik dapat menunjukkan sebaran resistivitas pada pada top horizon (Gambar 4.12). Hasil analisis menunjukkan sebaran nilai resistivitas rendah (yang ditunjukkan oleh warna hijau) tersebar sebagian besar pada wilayah horizon yang lebih rendah, atau pada wilayah Timur. Sedangkan sebaran nilai resistivitas tinggi (yang ditunjukkan oleh warna ungu) tersebar sebagian besar pada wilayah barat atau pada horizon yang lebih tinggi. Akan tetapi interpretasi resistivitas tidak dapat digunakan secara independen untuk menduga zona yang prospek, perlu digunakan data yang menunjukkan litologi dari wilayah tersebut, sehingga perpaduan dengan peta impedansi akustik dapat memperkuat kesimpulan dari interpretasi.



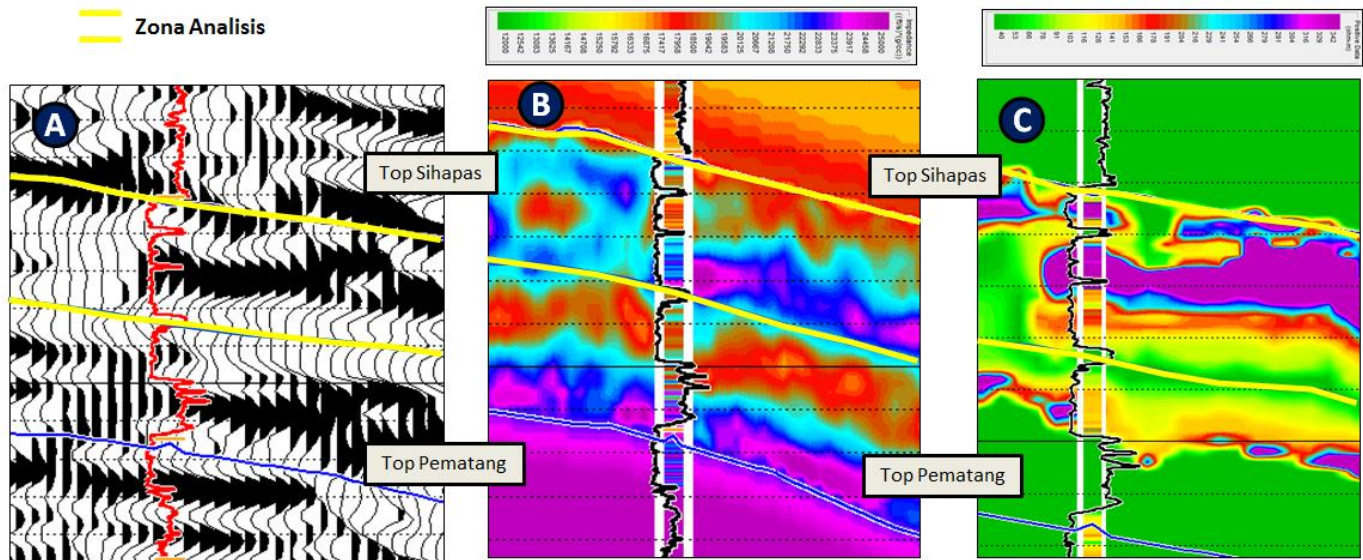




Gambar 4. 11. Hasil prediksi resistivitas pada penampang yang melewati sumur J-1



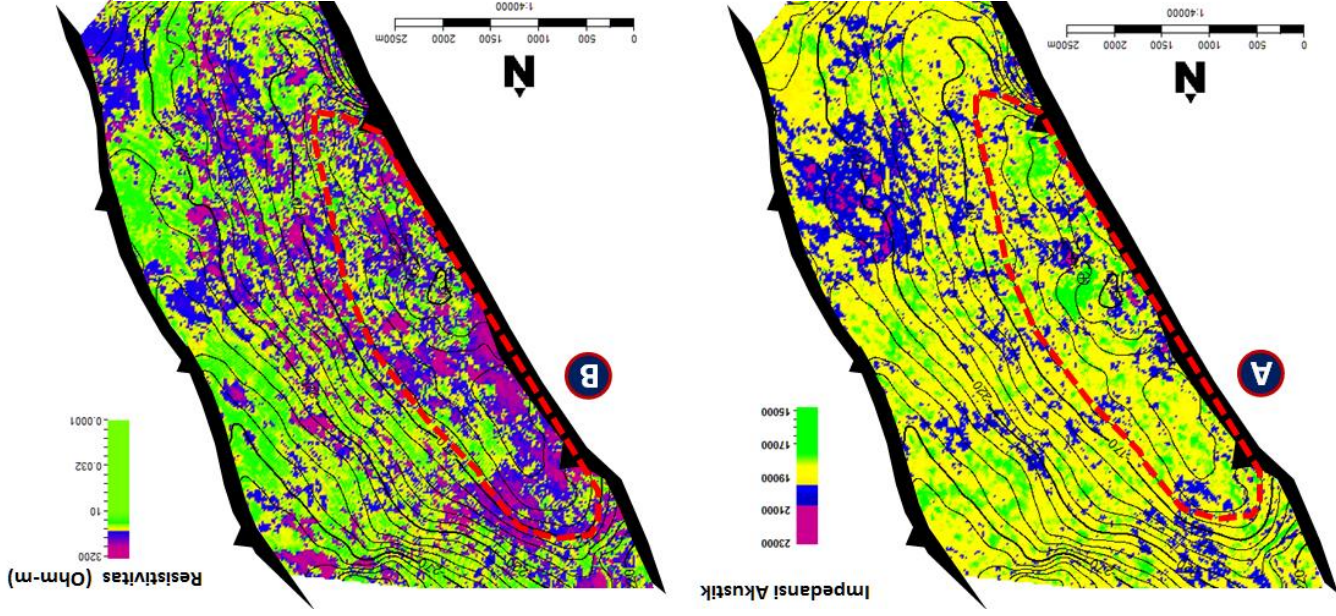
Gambar 4. 12. Peta prediksi resistivitas hasil analisis multi-atribut seismik



Gambar 4. 13. (A) Data mentah (B) Hasil inversi (C) Hasil analisis multi-atribut



Gambar 4. 14 Zona persebaran reservoir batupasir yang paling baik: (A) Peta impedansi akustik; (B) Peta prediksi resistivitas



#### 4.7. Analisis Persebaran Reservoir Batupasir

Gambar 4.13 menunjukkan penampang data mentah seismik, hasil inversi seismik, dan hasil prediksi multiatribut seismik. Ketiga data tersebut ditambahkan dengan data gamma ray pada J-1 sebagai *overlay*. Dari integrasi didapatkan bahwa zona-zona yang telah diinterpretasi pada subbab 4.5 dan 4.6 memiliki kesesuaian dengan data gamma ray dan hasil analisis sensitivitas, sehingga hasil inversi dan multi atribut dapat digunakan untuk mengidentifikasi sebaran reservoir batupasir.

Berdasarkan peta impedansi akustik yang menunjukkan litologi, dan peta resistivitas yang menunjukkan konten fluida, dapat diinterpretasikan bahwa zona batupasir yang memiliki nilai resistivitas tinggi tersebar pada wilayah Barat dari daerah penelitian (Gambar 4.14). Wilayah barat juga merupakan wilayah yang menjadi puncak *closure*, ditambah terdapat patahan mayor yang dapat menjadi perangkap struktural. Sebaran reservoir batupasir paling baik dengan indikasi keberadaan hidrokarbon, serta didukung secara struktural, diinterpretasikan pada zona yang ditunjukkan oleh lingkaran merah pada Gambar 4.14

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1. Kesimpulan**

Hasil analisis inversi impedansi akustik seismik pada Lapangan “Jambu” menunjukkan zona dengan nilai impedansi akustik 12.000-19.000 (ft/s\*g/cc) dapat diinterpretasikan sebagai zona batupasir. Sedangkan hasil prediksi resistivitas berdasarkan analisis multi-atribut seismik menunjukkan zona dengan nilai resistivitas di atas 300 ohm-m dapat diindikasikan sebagai zona batupasir yang memiliki saturasi air yang rendah, atau terisi oleh migas.

Berdasarkan Integrasi Analisis inversi (Nilai impedansi akustik <19.000 (ft/s\*g/cc)) dan prediksi resistivitas (>300 Ohm.m) hasil analisis multiatribut pada lapangan “Jambu”, dapat menunjukkan bahwa persebaran reservoir paling baik tersebar pada wilayah barat dan merupakan tinggian *closure*.

#### **5.2. Saran**

Untuk mendapatkan hasil yang lebih komprehensif, sebaiknya ditambahkan dengan analisis data log porositas. Sehingga diharapkan nilai impedansi akustik dapat menunjukkan informasi porositas dari reservoir batupasir. Selain itu, prediksi porositas juga dapat dibuat dengan menggunakan analisis multiatribut seismik, sehingga hasil analisis dapat lebih komprehensif.

**(halaman ini sengaja dikosongkan)**



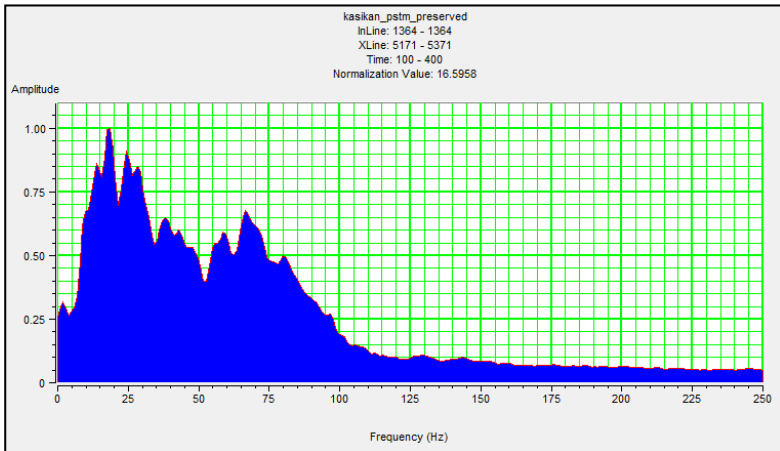
## DAFTAR PUSTAKA

- Aissa, A. (2008). *Prediksi Penyebaran Batupasir pada Lapangan Boonsville dengan Menggunakan Metode Inversi Geostatistik Bayesian*. Universitas Indonesia.
- Asquith, G., & Krygowski, D. (2004). *Basic Well Log Analysis*. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists.
- Chopra, S., & Castagna, J. (2009). Relative Acoustic Impedance Application for Thin-Bed Reflectivity Inversion. *SEG Houston International Exposition and Annual Meeting*, 3554–3558.
- Citajaya, N. P. (2008). *Evaluasi Penerapan Metode Inversi Impedansi Akustik dan Multiatribut Neural Network untuk Pemodelan Distribusi Channel Porositas*. Institut Teknologi Bandung.
- Cooke, D. A., & Schneider, W. A. (1983). Generalized Linear Inversion of Reflection Seismic Data. *Geophysics*, 48(6), 665–676.
- Eubank, R. T., & Makki, A. C. (1981). Structural Geology of the Central Sumatra Back-Arc Basin. *Proceedings IPA 10th Annual Convention*, 153–196.
- Gavotti, P. E. (2014). *Model-Based Inversion of Broadband Seismic Data*. University of Calgary.
- Hampson, D., & Russell, B. (2000). Using Multi-Attribute Transforms to Predict Log Properties from Seismic Data. *ASEG Conference & Exhibition*, 31(3), 481–487.
- Heidrick, T. L., & Aulia, K. (1993). A Structural and Tectonic Model of the Coastal Plains Block, Central Sumatra Basin, Indonesia. *Proceedings IPA 22nd Annual Convention*, (179), 285–317.

- Jinping, L., & Yunqing, W. (2009). Multi-Attribute Seismic Inversions Based on PNN Neural Network. *CPS/SEG Beijing International Geophysical Conference & Exposition*, (1021).
- Mertosono, S., & Nayoan, G. A. S. (1974). The Tertiary Basinal Area of Central Sumatra. *Proceedings IPA 3rd Annual Convention*, 63–76.
- Russell, B. (1988). *Introduction to Seismic Inversion Methods* (No.2). Alberta: Society of Exploration Geophysicists.
- Stein, S., & Wysession, M. (2003). *An Introduction to Seismology, Earthquakes, and Earth Structure*. Malden: Blackwell Publishing.
- Sukmono, S. (2011). *Fundamentals of Seismic Interpretation Techniques for Field Exploration & Development*. Bandung: Bandung Institute of Technology.
- Varhaug, M. (2016). Basic Well Log Interpretation. *Schlumberger: Oilfield Review*.
- Wang, Y. (2015). Frequencies of The Ricker Wavelet. *Geophysics*, 80(2), A31–A37.

## LAMPIRAN

### 5. SPEKTRUM FREKUENSI



LAMPIRAN

6. WELL-SEISMIC TIE

